Sammlung Göschen

Die Pflanze

ihr Bau und ihr Leben

von

Dr. E. Dennert

Mit 141 Abbildungen

THE
JOHN CREAR
LIBRARY

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Verzeichnis der erschienenen Bände.

Ackerbau- u. Pflanzenbaulehre von Dr. Paul Rippert in Berlin u. Ernst Langenbeck in Bochum. Nr. 232.

Akustik. Theoret. Physik I. Teil: Mechanik u. Akustik. Von Dr. Gust. Jäger, Professor an der Universität Wien. Mit 19 Abbildungen. Nr. 76.

— **Musikalische**, v. Dr. Karl L. Schäfer, Dozent an der Universität Berlin. Mit 35 Abbild. Nr. 21.

Algebra. Arithmetik u. Algebra v. Dr. H. Schubert, Prof. a. d. Gelehrtenschule d. Johanneums in Hamburg. Nr. 47.

Alpen, Die, von Dr. Rob. Sieger, Professor an der Universität und an der Exportakademie des k. k. Handelsmuseums in Wien. Mit 19 Abbild. u. 1 Karte. Nr. 129.

Altertümer, Die deutschen, v. Dr. Franz Fuhse, Dir. d. städt. Museums i. Braunschweig. Mit 70 Abb. Nr. 124.

Altertumskunde, Griechische, von Prof. Dr. Rich. Maisch, neubearbeitet von Rektor Dr. Franz Pohlhammer. Mit 9 Vollbildern. Nr. 16.

— **Römische**, von Dr. Leo Bloch, Dozent an der Universität Zürich. Mit 8 Vollb. Nr. 45.

Analyse, Techn.-Chem., von Dr. G. Lunge, Prof. a. d. Eidgen. Polytechn. Schule i. Zürich. Mit 16 Abb. Nr. 195.

Analysis, Höhere, I: Differentialrechnung. Von Dr. Frdr. Junker, Prof. am Karlsgymnasium in Stuttgart. Mit 68 Fig. Nr. 87.

— — — Repetitorium und Aufgabensammlung z. Differentialrechnung v. Dr. Friedr. Junker, Prof. am Karlsgymnasium in Stuttgart. Mit 46 Fig. Nr. 146.

— — II: Integralrechnung. Von Dr. Friedr. Junker, Prof. am Karlsgymnasium in Stuttgart. Mit 89 Fig. Nr. 88.

— — — Repetitorium und Aufgabensammlung zur Integralrechnung von Dr. Friedr. Junker, Prof. am Karlsgymnasium in Stuttgart. Mit 50 Fig. Nr. 147.

Analysis, Niedere, von Prof. Dr. Benedikt Sporer in Ehingen. Mit 5 Fig. Nr. 53.

Arbeiterfrage, Die gewerbliche, von Werner Sombart, Professor an der Universität Breslau. Nr. 209.

Arithmetik und Algebra von Dr. Herm. Schubert, Professor an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 47.

— — Beispielsammlung zur Arithmetik u. Algebra v. Dr. Hermann Schubert, Prof. an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 48.

Astronomie. Größe, Bewegung und Entfernung der Himmelskörper von A. F. Möbius, neu bearb. v. Dr. W. F. Wislicenus, Prof. a. d. Univers. Straßburg. Mit 36 Abb. u. 1 Sternk. Nr. 11.

Astrophysik. Die Beschaffenheit der Himmelskörper von Dr. Walter F. Wislicenus, Prof. an der Universität Straßburg. Mit 11 Abbild. Nr. 91.

Aufgabensammlg. z. Analyt. Geometrie d. Ebene v. O. Th. Bürklen, Prof. am Realgymnasium in Schw.-Gmünd. Mit 32 Figuren. Nr. 256.

— **Physikalische**, v. G. Mahler, Prof. der Mathem. u. Physik am Gymnas. in Ulm. Mit d. Resultaten. Nr. 243.

Aufsatzentwürfe von Oberstudienrat Dr. L. W. Straub, Rektor des Eberhard-Ludwigs-Gymnasiums in Stuttgart. Nr. 17.

Baukunst, Die, des Abendlandes von Dr. K. Schäfer, Assistent am Gewerbemuseum in Bremen. Mit 22 Abbild. Nr. 74.

Betriebskraft, Die zweckmäßigste, von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. 1. Teil: Die mit Dampf betriebenen Motoren nebst 22 Tabellen über ihre Anschaffungs- und Betriebskosten. Mit 14 Abbildungen. Nr. 221.

— — 2. Teil: Verschiedene Motoren nebst 22 Tabellen über ihre Anschaffungs- und Betriebskosten. Mit 29 Abbildungen. Nr. 225.

Digitized by Google

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Bewegungsspiele von Dr. E. Kohlrausch, Professor am Kgl. Kaiser-Wilhelms-Gymnasium zu Hannover. Mit 14 Abbild. Nr. 96.

Biologie der Pflanzen von Dr. W. Migula, Prof. a. d. Techn. Hochschule Karlsruhe. Mit 50 Abbild. Nr. 127.

Biologie der Tiere I: Entstehung u. Weiterbild. d. Tierwelt, Beziehungen zur organischen Natur v. Dr. Heinr. Simroth, Professor a. d. Universität Leipzig. Mit 33 Abbild. Nr. 131.

— — II: Beziehungen der Tiere zur organ. Natur v. Dr. Heinr. Simroth. Prof. an der Universität Leipzig. Mit 35 Abbild. Nr. 132.

Bleicherei. Textil-Industrie III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe von Wilhelm Massot, Lehrer an der Preuß. höh. Fachschule f. Textilindustrie in Krefeld. Mit 28 Fig. Nr. 186.

Buchführung. Lehrgang der einfachen u. dopp. Buchhaltung von Rob. Stern, Oberlehrer der Öff. Handelslehranst. u. Doz. d. Handelshochschule z. Leipzig. Mit vielen Formularen. Nr. 115.

Buddha von Professor Dr. Edmund Hardy. Nr. 174.

Burgenkunde, Abriß der, von Hofrat Dr. Otto Piper in München. Mit 30 Abbild. Nr. 119.

Chemie, Allgemeine und physikalische, von Dr. Max Rudolphi, Doz. a. d. Techn. Hochschule in Darmstadt. Mit 22 Figuren. Nr. 71.

— **Anorganische,** von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 37.

— — siehe auch: Metalle. — Metalloide.

— **Organische,** von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 38.

— **der Kohlenstoffverbindungen** von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. I. II: Aliphatische Verbindungen. 2 Teile. Nr. 191. 192.

— — III: Karbocyklische Verbindungen. Nr. 193.

— — IV: Heterocyklische Verbindungen. Nr. 194.

Chemie, Physiologische v. Dr. med. A. Legahn in Berlin. I: Assimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 240.

— — II: Dissimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 241.

Chemisch-Technische Analyse von Dr. G. Lunge, Professor an der Eidgenöss. Polytechn. Schule in Zürich. Mit 16 Abbild. Nr. 195.

Cid, Der. Geschichte des Don Ruy Diaz, Grafen von Bivar. Von J. G. Herder. Hrsg. und erläutert von Prof. Dr. E. Naumann in Berlin. Nr. 36.

Dampfkessel, Die. Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium u. d. praktischen Gebrauch von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 67 Figuren. Nr. 9.

Dampfmaschine, Die. Kurzgefaßtes Lehrbuch m. Beispielen für das Selbststudium und den prakt. Gebrauch von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 48 Figuren. Nr. 8.

Dichtungen a. mittelhochdeutscher Frühzeit. In Auswahl m. Einltg. u. Wörterb. herausgegeb. v. Dr. Herm. Jantzen in Breslau. Nr. 137.

Dietrichepen. Kudrun u. Dietrichepen. Mit Einleitung und Wörterbuch von Dr. O. L. Jiriczek, Professor an der Universität Münster. Nr. 10.

Differentialrechnung von Dr. Frdr. Junker, Prof. a. Karlsgymnasium in Stuttgart. Mit 68 Fig. Nr. 87.

— Repetitorium u. Aufgabensammlung z. Differentialrechnung von Dr. Frdr. Junker, Professor am Karlsgymnasium in Stuttgart. Mit 46 Fig. Nr. 146.

Eddalieder mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Dr. Wilhelm Ranisch, Gymnasial-Oberlehrer in Osnabrück. Nr. 171.

Eisenhüttenkunde von A. Krauß, dipl. Hütteningen. I. Teil: Das Roheisen. Mit 17 Fig. u. 4 Tafeln. Nr. 152.

— II. Teil: Das Schmiedeisen. Mit 25 Figuren und 5 Tafeln. Nr. 153.

460498

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Elektrizität. Theoret. Physik III. Teil: Elektrizität u. Magnetismus. Von Dr. Gust. Jäger, Professor a. d. Univers. Wien. Mit 33 Abbildgn. Nr. 78.

Elektrochemie I: Theoretische Elektrochemie und ihre physikalisch-chem. Grundlagen v. Dr. Heinrich Danneel, Privatdozent an der Kgl. technischen Hochschule zu Aachen. Mit 18 Fig. Nr. 252.

Elektrotechnik. Einführung in die moderne Gleich- und Wechselstromtechnik von J. Herrmann, Professor der Elektrotechnik an der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. I: Die physikalischen Grundlagen. Mit 47 Fig. Nr. 196.

— II: Die Gleichstromtechnik. Mit 74 Figuren. Nr. 197.

— III: Die Wechselstromtechnik. Mit 109 Figuren. Nr. 198.

Erdmagnetismus, Erdstrom, Polarlicht von Dr. A. Nippoldt jr., Mitgl. d. Kgl. Preuß. Meteorol. Inst. z. Potsdam. M. 14 Abb. u. 3 Taf. Nr. 175.

Ethik von Professor Dr. Thomas Achelis in Bremen. Nr. 90.

Färberei. Textil-Industrie III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei u. ihre Hilfsstoffe v. Dr. Wilh. Massot, Lehrer a. d. Preuß. höh. Fachschule f. Textilindustrie i. Krefeld. M. 28 Fig. Nr. 186.

Fernsprechwesen, Das, von Dr. Ludwig Kellstab in Berlin. Mit 47 Figuren und 1 Tafel. Nr. 155.

Filzfabrikation. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Prof. Max Gürtler, Direktor der Königl. Techn. Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

Finanzwissenschaft v. Geh. Reg.-Rat Dr. R. van der Borght, Präsident des Statistischen Amtes in Berlin. Nr. 148.

Fischerei und Fischzucht v. Dr. Karl Eckstein, Prof. an der Forstakademie Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens. Nr. 159.

Formelsammlung, Mathemat., u. Repetitorium d. Mathematik, enth. die wichtigsten Formeln und Lehrsätze d. Arithmetik, Algebra, algebraischen Analysis, ebenen Geometrie, Stereometrie, ebenen u. sphärischen Trigonometrie, math. Geographie, analyt. Geometrie d. Ebene u. d. Raumes, d. Different.- u. Integralrechn. v. O. Th. Bürklen, Prof. am Kgl. Realgymn. in Schw.-Gmünd. Mit 18 Fig. Nr. 51.

— **Physikalische,** von G. Mahler, Prof. am Gymnasium in Ulm. Nr. 136.

Forstwissenschaft von Dr. Ad. Schwappach, Professor an der Forstakademie Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens. Nr. 106.

Fremdwort, Das, im Deutschen von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 55.

Gardinenfabrikation. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Prof. Max Gürtler, Direktor der Königl. Technischen Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Figuren. Nr. 185.

Geodäsie von Dr. C. Reinhertz, Professor an der Technischen Hochschule Hannover. Mit 66 Abbild. Nr. 102.

Geographie, Astronomische, von Dr. Siegm. Günther, Professor a. d. Technischen Hochschule in München. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.

— **Physische,** von Dr. Siegm. Günther, Professor an der Königl. Technischen Hochschule in München. Mit 32 Abbildungen. Nr. 26.

— s. auch: Landeskunde. — Länderkunde.

Geologie v. Professor Dr. Eberh. Fraas in Stuttgart. Mit 16 Abbild. und 4 Tafeln mit über 50 Figuren. Nr. 13.

Sammlung Göschen

In elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Geometrie, Analytische, der Ebene v. Professor Dr. M. Simon in Straßburg. Mit 57 Figuren. Nr. 65.

— — Aufgabensammlung zur Analyt. Geometrie der Ebene von O. Th. Bürklen, Professor am Realgymnas. in Schw.-Gmünd. Mit 32 Figuren. Nr. 256.

— **Analytische, des Raumes** von Prof. Dr. M. Simon in Straßburg Mit 28 Abbildungen. Nr. 89.

— **Darstellende**, v. Dr. Rob. Haußner, Prof. a. d. Techn. Hochschule Karlsruhe. I. Mit 110 Figuren. Nr. 142.

— **Ebene**, von G. Mahler, Professor am Gymnasium in Ulm. Mit 111 zweifarb. Fig. Nr. 41.

— **Projektive**, in synthet. Behandlung von Dr. Karl Doehlemann, Prof. an der Universität München. Mit 85 zum Teil zweifarb. Figuren. Nr. 72.

Geschichte, Badische, von Dr. Karl Brunner, Prof. am Gymnasium in Pforzheim und Privatdozent der Geschichte an der Techn. Hochschule in Karlsruhe. Nr. 230.

— **Bayerische**, von Dr. Hans Ockel in Augsburg. Nr. 160.

— **des Byzantinischen Reiches** von Dr. K. Roth in Kempten. Nr. 190.

— **Deutsche, im Mittelalter** (bis 1500) von Dr. F. Kurze, Oberl. am Kgl. Luisengymn. in Berlin. Nr. 33.

— — **im Zeitalter der Reformation u. der Religionskriege** von Dr. F. Kurze, Oberlehrer am Kgl. Luisengymnasium in Berlin. Nr. 34.

— **Französische**, von Dr. R. Sternfeld, Prof. a. d. Univers. Berlin. Nr. 85.

— **Griechische**, von Dr. Heinrich Swoboda, Professor an der deutschen Universität Prag. Nr. 49.

— **des 19. Jahrhunderts** v. Oskar Jäger, o. Honorarprofessor an der Univers. Bonn. 1. Bdchn.: 1800—1852. Nr. 216.

Geschichte des 19. Jahrhunderts von Oskar Jäger, o. Honorarprof. an der Universität Bonn. 2. Bdchn.: 1853 bis Ende d. Jahrh. Nr. 217.

— **Israels** bis auf die griech. Zeit von Lic. Dr. J. Benzinger. Nr. 231.

— **Lothringens**, von Dr. Herm. Derichsweiler, Geh. Regierungsrat in Straßburg. Nr. 6.

— **des alten Morgenlandes** von Dr. Fr. Hommel, Prof. a. d. Univers. München. M. 6 Bild. u. 1 Kart. Nr. 43.

— **Österreichische**, I: Von der Urzeit bis 1526 von Hofrat Dr. Franz von Krones, Prof. a. d. Univ. Graz. Nr. 104.

— — II: Von 1526 bis zur Gegenwart von Hofrat Dr. Franz von Krones, Prof. an der Univ. Graz. Nr. 105.

— **Römische**, neubearb. von Realgymnasial-Dir. Dr. Jul. Koch. Nr. 19.

— **Russische**, v. Dr. Wilh. Reeb, Oberl. am Ostergymnasium in Mainz. Nr. 4.

— **Sächsische**, von Prof. Otto Kaemmel, Rektor des Nikolaigymnasiums zu Leipzig. Nr. 100.

— **Schweizerische**, von Dr. K. Dändliker, Prof. a. d. Univ. Zürich. Nr. 188.

— **der Malerei** siehe: Malerei.

— **der Mathematik** s.: Mathematik.

— **der Musik** siehe: Musik.

— **der Pädagogik** siehe: Pädagogik.

— **des deutschen Romans** s.: Roman.

— **der deutschen Sprache** siehe: Grammatik, Deutsche.

Gesundheitslehre. Der menschliche Körper, sein Bau und seine Tätigkeiten, von E. Rebmann, Oberrealschuldirektor in Freiburg i. B. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abb. u. 1 Taf. Nr. 18.

Gewerbewesen von Werner Sombart, Professor an d. Universität Breslau. I. II. Nr. 203. 204.

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Gletscherkunde von Dr. Fritz Machaček in Wien. Mit 5 Abbild. im Text und 11 Tafeln. Nr. 154.

Gottfried von Straßburg. Hartmann von Aue, Wolfram von Eschenbach u. Gottfried von Straßburg. Auswahl aus dem höf. Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch von Dr. K. Marold, Prof. am Kgl. Friedrichskollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.

Grammatik, Deutsche, und kurze Geschichte der deutschen Sprache von Schulrat Professor Dr. O. Lyon in Dresden. Nr. 20.

— **Griechische, I:** Formenlehre von Dr. Hans Meltzer, Professor an der Klosterschule zu Maulbronn. Nr. 117.

— — **II:** Bedeutungslehre und Syntax von Dr. Hans Meltzer, Professor an der Klosterschule zu Maulbronn. Nr. 118.

— **Lateinische.** Grundriß der lateinischen Sprachlehre von Professor Dr. W. Votsch in Magdeburg. Nr. 82.

— **Mittelhochdeutsche.** Der Nibelunge Nôt in Auswahl und mittelhochdeutsche Grammatik mit kurzem Wörterbuch von Dr. W. Golther, Prof. a. d. Universität Rostock. Nr. 1.

— **Russische,** von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität Prag. Nr. 66.

— — siehe auch: Russisches Gesprächsbuch. — Lesebuch.

Handelskorrespondenz, Deutsche, von Prof. Th. de Beaux, Oberlehrer an der Öffentlichen Handelslehranstalt und Lektor an der Handelshochschule zu Leipzig. Nr. 182.

— **Englische,** von E. E. Whitfield, M. A., Oberlehrer an King Edward VII Grammar School in King's Lynn. Nr. 237.

Handelskorrespondenz, Französische, von Professor Th. de Beaux, Oberlehrer a. d. Öffentlichen Handelslehranstalt u. Lektor an der Handelshochschule zu Leipzig. Nr. 183.

— **Italienische,** von Professor Alberto de Beaux, Oberlehrer am Kgl. Institut S. S. Annunziata in Florenz Nr. 219.

Handelspolitik, Auswärtige, von Dr. Heinr. Sieveking, Prof. an der Universität Marburg. Nr. 245.

Harmonielehre von A. Halm. Mit vielen Notenbeilagen. Nr. 120.

Hartmann von Aue, Wolfram von Eschenbach und Gottfried von Straßburg. Auswahl aus dem höfischen Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch von Dr. K. Marold, Professor am Königlichen Friedrichskollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.

Hauptliteraturen, Die, d. Orients v. Dr. M. Haberlandt, Privatdoz. a. d. Universität Wien. I. II. Nr. 162. 163.

Heldensage, Die deutsche, von Dr. Otto Luitpold Jiriczek, Prof. an der Universität Münster. Nr. 32.

— siehe auch: Mythologie.

Herder, Der Cid. Geschichte des Don Ruy Diaz, Grafen von Bivar. Herausgegeb. u. erläutert von Prof. Dr. Ernst Naumann in Berlin. Nr. 36.

Industrie, Anorganische Chemische, v. Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. I: Die Leblancsodaindustrie und ihre Nebenzweige. Mit 12 Tafeln. Nr. 205.

— — **II:** Salinenwesen, Kalisalze, Düngerindustrie und Verwandtes. Mit 6 Tafeln. Nr. 206.

— — **III:** Anorganische Chemische Präparate. Mit 6 Tafeln. Nr. 207.

— **der Silikate, der künstl. Bausteine und des Mörtels. I:** Glas- und keramische Industrie von Dr. Gustav Rauter in Charlottenburg. Mit 12 Tafeln. Nr. 233.

— — **II:** Die Industrie der künstlichen Bausteine und des Mörtels. Mit 12 Tafeln. Nr. 234.

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Integralrechnung von Dr. Friedr. Junker, Professor am Karlsgymn. in Stuttgart. Mit 89 Fig. Nr. 88.

— Repetitorium und Aufgabensammlung zur Integralrechnung von Dr. Friedrich Junker, Professor am Karlsgymnasium in Stuttgart. Mit 50 Figuren. Nr. 147.

Kartenkunde, geschichtlich dargestellt von E. Gelcich, Direktor der k. k. Nautischen Schule in Lussinpiccolo und F. Sauter, Professor am Realgymnasium in Ulm, neu bearbeitet von Dr. Paul Dinse, Assistent der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin. Mit 70 Abbildungen. Nr. 30.

Kirchenlied. Martin Luther, Thom. Murner, und das Kirchenlied des 16. Jahrhunderts. Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Professor G. Berlit, Oberlehrer am Nikolaigymnasium zu Leipzig. Nr. 7.

Klimalehre von Professor Dr. W. Köppen, Meteorologe der Seewarte Hamburg. Mit 7 Tafeln und 2 Figuren. Nr. 114.

Kolonialgeschichte von Dr. Dietrich Schäfer, Professor der Geschichte an der Universität Berlin. Nr. 156.

Kompositionslehre. Musikalische Formenlehre von Stephan Krehl. I. II. Mit vielen Notenbeispielen. Nr. 149. 150.

Körper, der menschliche, sein Bau und seine Tätigkeiten, von E. Rebmann, Oberrealschuldirektor in Freiburg i. B. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abbildungen und 1 Tafel. Nr. 18.

Kristallographie von Dr. W. Bruhns, Professor an der Universität Straßburg. Mit 190 Abbild. Nr. 210.

Kudrun und Dietrichepen. Mit Einleitung und Wörterbuch von Dr. O. L. Jiriczek, Professor an der Universität Münster. Nr. 10.

— — siehe auch: Leben, Deutsches, im 12. Jahrhundert.

Kultur, Die, der Renaissance. Gesittung, Forschung, Dichtung von Dr. Robert F. Arnold, Privatdozent an der Universität Wien. Nr. 189.

Kulturgeschichte, Deutsche, von Dr. Reinh. Günther. Nr. 56.

Künste, Die graphischen, von Carl Kampmann, Fachlehrer a. d. k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit zahlreichen Abbildungen und Beilagen. Nr. 75.

Kurzschrift siehe: Stenographie.

Länderkunde von Europa von Dr. Franz Heiderich, Professor am Francisco-Josephinum in Mödling. Mit 14 Textkärtchen und Diagrammen und einer Karte der Alpeneinteilung. Nr. 62.

— **der außereuropäischen Erdteile** von Dr. Franz Heiderich, Prof. a. Francisco-Josephinum in Mödling. Mit 11 Textkärtchen u. Profil. Nr. 63.

Landeskunde von Baden von Prof. Dr. O. Kienitz in Karlsruhe. M. Profil. Abbildungen und 1 Karte. Nr. 199.

— **des Königreichs Bayern** von Dr. W. Götz, Professor an der Kgl. Techn. Hochschule München. Mit Profilen, Abbild. u. 1 Karte. Nr. 176.

— **von Elsaß-Lothringen** von Prof. Dr. R. Langenbeck in Straßburg i. E. Mit 11 Abbildgn. u. 1 Karte. Nr. 215.

— **der Iberischen Halbinsel** von Dr. Fritz Regel, Professor an der Universität Würzburg. Mit 8 Kärtchen und 8 Abbildung. im Text und 1 Karte, in Farbendruck. Nr. 235.

— **von Österreich-Ungarn** von Dr. Alfred Grund, Privatdozent an der Universität Wien. Mit 10 Textillustration. und 1 Karte. Nr. 244.

— **des Königreichs Sachsen** v. Dr. J. Zemmrich, Oberlehrer am Realgymnas. in Plauen. Mit 12 Abbildungen u. 1 Karte. Nr. 258.

— **von Skandinavien** (Schweden, Norwegen u. Dänemark) von Heinr. Kerp, Lehrer am Gymnasium und Lehrer der Erdkunde am Comenius-Seminar zu Bonn. Mit 11 Abbild. und 1 Karte. Nr. 202.

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Landeskunde des Königreichs Württemberg v. Dr. Kurt Hassert, Professor d. Geographie an der Handelshochschule in Köln. Mit 16 Vollbildern und 1 Karte. Nr. 157.

Landwirtschaftliche Betriebslehre von Ernst Langenbeck in Bochum. Nr. 227.

Leben, Deutsches, im 12. Jahrhundert. Kulturhistorische Erläuterungen zum Nibelungenlied und zur Kudrun. Von Professor Dr. Jul. Dieffenbacher in Freiburg i. B. Mit 1 Tafel und 30 Abbildungen. Nr. 93.

Lessings Emilia Galotti. Mit Einleitung und Anmerkungen von Prof. Dr. W. Votsch. Nr. 2.

— **Minna v. Barnhelm.** Mit Anm. von Dr. Tomaschek. Nr. 5.

Licht. Theoretische Physik II. Teil: Licht und Wärme. Von Dr. Gust. Jäger, Professor an der Universität Wien. Mit 47 Abbildungen. Nr. 77.

Literatur, Althochdeutsche, mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Th. Schauffler, Professor am Realgymnasium in Ulm. Nr. 28.

Literaturdenkmäler des 14. u. 15. Jahrhunderts. Ausgewählt und erläutert von Dr. Hermann Jantzen in Breslau. Nr. 181.

— **des 16. Jahrhunderts I: Martin Luther, Thom. Murner u. das Kirchenlied des 16. Jahrhunderts.** Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Oberlehrer am Nikolaigymnasium zu Leipzig. Nr. 7.

— **II: Hans Sachs.** Ausgewählt und erläutert von Prof. Dr. Jul. Sahr, Oberlehrer a. D. am Kgl. Kadettenkorps zu Dresden. Nr. 24.

Literaturen, Die, des Orients. I. Teil: Die Literaturen Ostasiens und Indiens v. Dr. M. Haberlandt, Privatdozent an der Universität Wien. Nr. 162.

— II. Teil: Die Literaturen der Perser, Semiten und Türken, von Dr. M. Haberlandt, Privatdozent an der Universität Wien. Nr. 163.

Literaturgeschichte, Deutsche, von Dr. Max Koch, Professor an der Universität Breslau. Nr. 31.

— **Deutsche, der Klassikerzeit** von Carl Weitbrecht, Professor an der Technischen Hochschule Stuttgart. Nr. 161.

— **Deutsche, des 19. Jahrhunderts** von Carl Weitbrecht, Professor an der Technischen Hochschule Stuttgart. I. II. Nr. 134. 135.

— **Englische,** von Dr. Karl Weiser in Wien. Nr. 69.

— **Griechische,** mit Berücksichtigung der Geschichte der Wissenschaften von Dr. Alfred Gercke, Professor an der Universität Greifswald. Nr. 70.

— **Italienische,** von Dr. Karl Voßler, Professor a. d. Universität Heidelberg. Nr. 125.

— **Portugiesische,** von Dr. Karl von Reinhardstoettner, Professor an der Kgl. Technischen Hochschule in München. Nr. 218.

— **Römische,** von Dr. Hermann Joachim in Hamburg. Nr. 52.

— **Russische,** von Dr. Georg Polonskij in München. Nr. 166.

— **Spanische,** von Dr. Rudolf Beer in Wien. I. II. Nr. 167. 168.

Fortsetzung auf der 8. Vorsatzseite!

THE
Sammlung Göschen
LIBRARY

Die Pflanze

ihr Bau und ihr Leben

von

Dr. E. Dennert

Mit 141 Abbildungen

Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage

Leipzig
G. J. Göschen'sche Verlagshandlung
1905

Digitized by Google

Alle Rechte, insbesondere das Übersetzungsrecht, von der Verlagshandlung vorbehalten.

Literatur.

A. de Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig, W. Engelmann. 1877.

E. Strasburger, Das botanische Praktikum. Anleitung zum Selbststudium der mikrosk. Botanik. Jena, G. Fischer. 5. Aufl. 1904.

K. Goebel, Vergleichende Entwickelungsgeschichte der Pflanzenorgane. Breslau, E. Trewendt. 1883.

F. Pax, Allg. Morphologie der Pflanzen. Stuttgart, F. Enke. 1890.

E. Dennert, Vergleichende Pflanzenmorphologie. Leipzig, J. J. Weber. 1894.

J. Sachs, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig, W. Engelmann. 1887.

A. Kerner, Pflanzenleben. Leipzig, Bibliogr. Institut. 2 Bde. 2. Aufl. 1896—98.

A. B. Frank, Lehrbuch der Botanik. Leipzig, W. Engelmann, 2 Bde. 1892 und 1893.

E. Strasburger, F. Noll, H. Schenk und A. F. W. Schimper, Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. 6. Aufl. Jena, G. Fischer. 1904.

Spamersche Buchdruckerei in Leipzig.

Digitized by Google

Inhalt.

	Seite
Einleitung	5
I. Vom inneren Bau der Pflanze (Anatomie)	6
1. Die Zelle, das Elementarorgan	6
2. Der Bau der Zelle	7
3. Gefäße und Röhren	16
4. Die Gewebearten	18
a) Das Hautgewebe	20
b) Das Grundgewebe	24
c) Das Stranggewebe	24
5. Das Dickenwachstum	27
6. Die Auswurfstoffe	32
7. Das Leben der Gewebe	33
8. Der Bau von Blatt und Wurzel	34
II. Von den äußeren Organen der Pflanze (Morphologie)	38
1. Arbeitsleistung und Arbeitswerkzeug	38
2. Die Entwicklung der Pflanzenorgane	42
3. Die Wurzel	43
4. Die Sproßachse (Steugel, Stamm)	47
a) Baumechanik der Achse	48
b) Ausbildung der Achse nach der Lebensdauer	49
c) Gliederung und Verzweigung der Achse	50
d) Der Knospenstamm	53
5. Das Blatt	54
a) Die Teile des Blattes	54
b) Die Nervatur des Blattes	59
c) Die Blattstellung	61
d) Die Metamorphosenstufen des Blattes	62
6. Die Verschiedenheit der Sproßformen	65
a) Normale Sproßformen	65
b) Umgebildete (metamorphosierte) Sproßformen	68
c) Verkümmerte (reduzierte) Sproßformen	79
d) Niedrige Sproßformen	81

581
Q 503

Seite
7. Haarbildungen 83
8. Der Blütensproß 83
a) Bau der Blüte im allgemeinen 84
b) Bau der Blüte im einzelnen 88
α. Die Achse 88
β. Die Blütenhülle 89
γ. Die Staubblätter 93
δ. Der Stempel 95
9. Die Frucht 99
10. Der Same 106
III. Vom Leben der Pflanze (Physiologie) 108
1. Die Ernährung 108
a) Die Nahrungsmittel 109
b) Die Ernährungsorgane 111
c) Der Stoffwechsel 118
d) Die Atmung 120
2. Das Wachstum 122
3. Die Reizbewegungen 129
4. Die Fortpflanzung 135
a) Die Arten der Fortpflanzung 135
b) Die Bestäubung 139
c) Die Befruchtung 143
d) Sorge der Pflanze für die Nachkommenschaft . . . 145
Schlußwort 147
Register 148

Einleitung.

Die Pflanze ist im Gegensatz zum Mineral ein Lebewesen; die Pflanzenkunde wird daher in der Schilderung des Pflanzenlebens gipfeln. Da wir jedoch das Leben der Pflanze erst dann erforschen können, wenn wir ihre Gestaltung kennen gelernt haben, so wird unser Weg derartig sein, daß wir zuerst das Innere der Pflanze zu verstehen suchen, weil dies die Grundlage für das Verständnis alles andern in sich birgt. Wir müssen zu dem Zwecke die Pflanze zergliedern, d. h. Anatomie treiben. Danach wollen wir die äußere Gestaltung der Pflanze erforschen, ein Gebiet, das man Morphologie nennt. Endlich werden wir die verschiedenen Lebenserscheinungen der Pflanze, wie Ernährung und Atmung, Wachstum und Fortpflanzung, in der sogenannten Physiologie (und Biologie) behandeln. Da aber von der äußeren Gestalt und deren Teilen zuweilen nicht wohl gesprochen werden kann, ohne daß der Beziehung dieser Teile (z. B. der Samenlappen) zu den Lebensvorgängen der Pflanze (z. B. der Ernährung) gedacht wird, so werden wir schon bei der Lehre von der Gestalt manchmal Dinge erörtern müssen, die zur Lehre vom Leben der Pflanze gehören. Hat doch jeder Pflanzenteil bis hinab zu so unscheinbaren Gebilden, wie Stachel, Borste und Härchen, seine bestimmte Bedeutung für das Leben der Pflanze. Die Biologie wird also übergreifen müssen in die Morphologie.

I. Vom inneren Bau der Pflanze.

1. Die Zelle, das Elementarorgan.

Das Leben besteht in der Wechselwirkung eines Wesens mit der Außenwelt. Zur Betätigung derselben bedarf dieses Wesen aber verschiedener Werkzeuge. Man nennt solche Werkzeuge zum Leben Organe, und Wesen, die solche besitzen, Organismen.

Jedes Organ hat sein bestimmtes Arbeitsgebiet. Allein um diese Arbeit zu erfüllen, muß das Organ in sich eine Teilung zeigen. Es muß also Organe zweiter Ordnung besitzen, und man kann sich vorstellen, daß diese Teilung und Verfeinerung der Arbeit immer weiter fortschreiten wird, und daß hiermit auch eine Teilung und Verfeinerung der Organe gleichen Schritt halten muß. Bei dieser Verfeinerung lassen uns aber unsere Augen gar bald im Stich, und wir müssen, um sie zu erkennen, zum Mikroskop greifen.

Da offenbart sich uns nun ein gar wunderbarer Bau. Wir sehen ein zierliches Gewebe, feiner als irgend eines, das Menschenhand wirkte, und dieses Gewebe besteht aus einer Unzahl von kleinen, dicht aneinanderliegenden Bläschen, jedes mit einer eigenen, festen Wand und einem eigenen Inhalt. Man nennt ein solches Bläschen eine Zelle, und da alle Organe sich aus solchen zusammensetzen, so kann man die Zellen die Grund- oder Elementarorgane der Pflanze nennen. Wollen wir uns also Kenntnis von Bau und Verrichtung der Organe verschaffen, so müssen wir uns zunächst über das Grundorgan, die Zelle, verständigen.

Digitized by Google

2. Der Bau der Zelle.

Die Zelle (Fig. 1) ist also ein kleines Bläschen. Während man aber bei einem solchen gewöhnlich die Wand als die Hauptsache betrachtet, ist dies in der Zelle der Inhalt; die Wand hingegen ist erst ein Erzeugnis des Inhalts.

Dieser Inhalt ist in jugendlichen Zellen eine den ganzen Innenraum ausfüllende schleimige Masse, in der man schon bei mäßiger Vergrößerung kleine Körnchen umherschwimmen sieht, und in der außerdem eine größere Masse, der sogenannte Zellkern (welcher ein Kernkörperchen umschließt), auffällt. Damit ist aber der feinere Bau dieser Schleimmasse und ihres Kerns keineswegs erschöpft. Man hat auch die Forschung über denselben noch nicht ganz abgeschlossen; umsomehr können wir hier von ihm absehen.

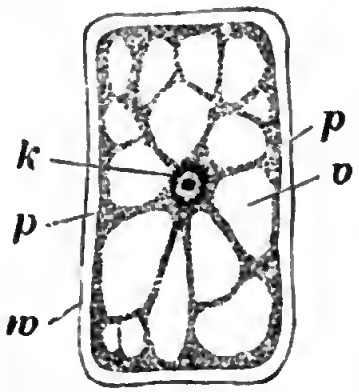

Fig. 1.
Schema einer Zelle.
w Zellwand, p Protoplasma, k Zellkern, v Vakuolen.

Jene Schleimmasse besteht chemisch aus Stoffen, welche man „Eiweißkörper" nennt, und die sich durch die Gegenwart von Stickstoff, einem weitverbreiteten chemischen Element, auszeichnen. Sie führt den Namen Protoplasma oder Plasma. Man weiß jetzt, daß von ihm alle Lebenserscheinungen aus-

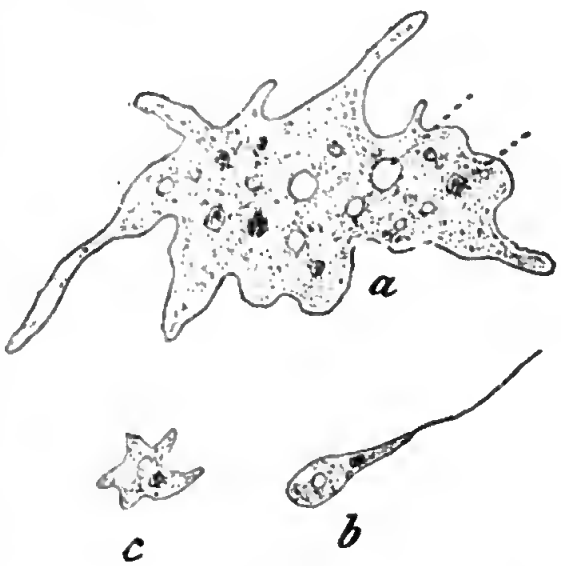

Fig. 2.
Plasmodien von Schleimpilzen.
a Plasmodium mit Fortsätzen,
b Schwärmspore,
c junges Plasmodium, stark vergrößert.

gehen, so daß man berechtigt ist, es den Lebensträger der Pflanze zu nennen.

Hierbei ist nun aber zu bemerken, daß es bei den niederen Pflanzen Gebilde ohne Zellenwand gibt, das sind dann also keine Bläschen, auch keine Zellen mehr. So ist es z. B. bei den sog. Plasmodien der Schleimpilze (Fig. 2). Das ganze Lebewesen ist hier eine Schleimmasse, die Fortsätze ausstrecken und wieder einziehen kann. Es steht danach fest, daß der Inhalt der Zelle für das Leben wichtiger ist als die Wand. Wenn wir nun also auch die Zelle im obigen Sinne als das Elementarorgan der Gewebe betrachten dürfen, so ist sie doch nicht dasjenige des Lebens. Als solches haben wir vielmehr das Protoplasma der einzelnen Zelle anzusehen, welches J. von Sachs daher mit Recht als Energide bezeichnet hat, weil von ihr alle Lebensenergie ausgeht. Für die Auffassung der ganzen Pflanze nun als eines Individuums ist es sehr wichtig, daß die Energiden der einzelnen Zellen sich nicht gegenseitig streng abschließen, sondern daß sie mit ihren Nachbarenergiden in Zusammenhang stehen; das geschieht durch äußerst feine Protoplasmafäden, welche durch die sehr feinen Poren der zuerst gebildeten Zellenmembran hindurchgehen und so alle Energiden zu einem gemeinsamen Energidennetz verbinden (Fig. 3). Es ist anzunehmen, daß der auf eine gewisse Zelle ausgeübte Reiz durch diese Fäden auf andere übertragen werden kann.

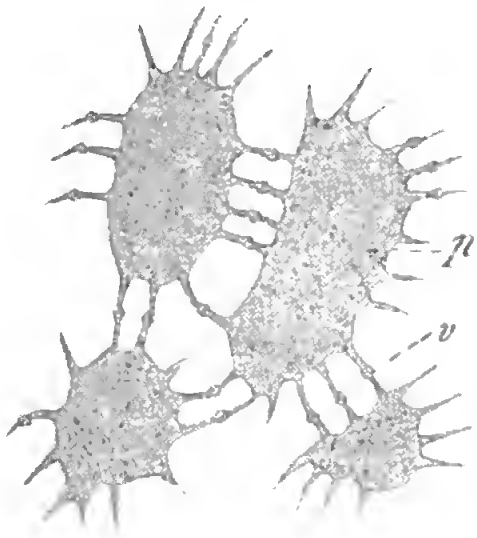

Fig. 3.
Zusammenhängende Energiden.
p von 4 benachbarten Zellen,
v Verbindungsstellen;
sehr stark vergrößert.

Die Lebenstätigkeit der Energide äußert sich darin, daß sie sich teilt. Das kann also nur eine Protoplasma enthaltende Zelle; ohne dasselbe ist die Zelle als tot zu betrachten. Ferner kann man beobachten, daß sich die kleinen Körnchen des Protoplasmas in einer unverletzten Zelle fortwährend strömend bewegen; auch das muß ein Zeichen des Lebens sein. Die Teilung des Protoplasmas und damit der ganzen Zelle hat man direkt beobachtet.

Fig. 4.

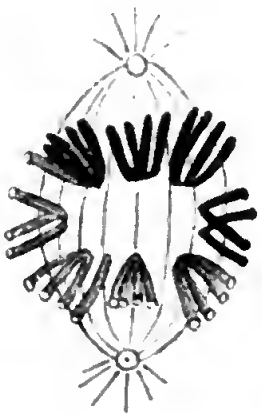

Fig. 5.

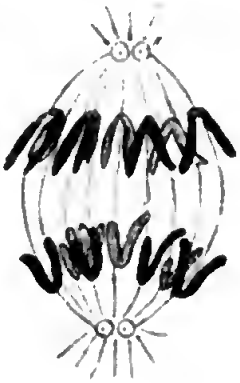

Fig. 6.

Fig. 7.

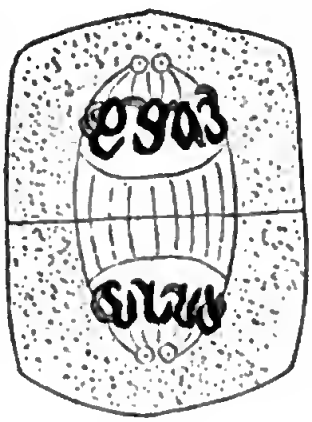

Fig. 8.

Fig. 4—8. Kernteilung.
Erklärung siehe im Text; sehr stark vergrößert; nur 8 mit der umgebenden Zelle.

Die Zellteilung (Fig. 4—8) geht vom Kern aus, und dieser zeigt darin seine Bedeutung als Zentralorgan der Zelle bzw. der Energide. Plasma und Zellkern haben eine Faden-

struktur. Schickt sich die Zelle zur Teilung an, so streckt sich der Kern, seine aus sog. Nuklein bestehenden Fäden (Nukleinfäden) werden kürzer und dicker und krümmen sich zu einem Knäuel; sodann verliert der Kern die scharfe Umgrenzung, er wird spindelförmig, und es bilden sich nach den Polen der Spindel zu feine Fäden (Spindelfasern); gleichzeitig bilden die Nukleinfäden einen Kranz, krümmen sich hakig und spalten sich der Länge nach. Nun sondern sie sich in zwei Gruppen und wandern an den Spiralfasern entlang an die Pole, wo sie kürzer werden und dicht zusammenrücken zu je einem Knäuel. So sind zwei Kerne entstanden. Ist dies geschehen, so sammeln sich in der Mitte der Zelle kleine Zelluloseteilchen, welche sich endlich zu einer Mittelwand vereinigen: die Teilung der Zelle ist beendet.

Die Wand der Zelle oder die Zellmembran ist eine feste, dehnbare Haut, welche die allen organischen Häuten eigene Fähigkeit besitzt, Flüssigkeiten durchzulassen (Diosmose). Sie besteht aus einem Stoff, den der Chemiker Zellulose nennt. Diese ist sehr schwer löslich, daher die langsame Verwesung der Blätter und die schwere Verdaulichkeit der Zellulose (z. B. in allem Gemüse). Die Zelle kann — und zwar geht das auch von der Energide aus — in die Länge und in die Dicke wachsen. Wächst sie in die Länge, so entsteht eine faser-

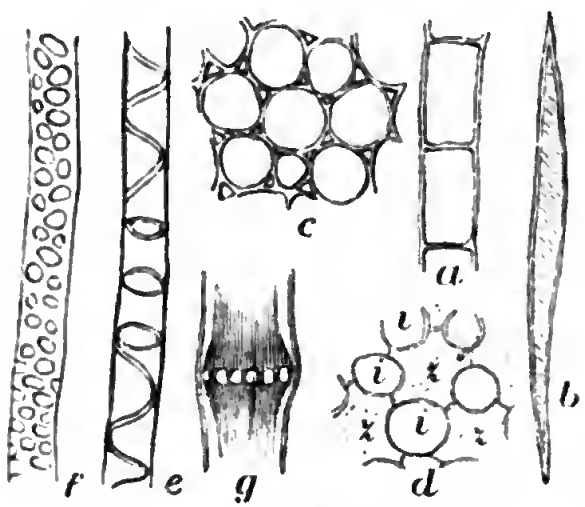

Fig. 9.
Zellformen, stark vergrößert.
a prismatische Zellen; b Faserzelle; c Gewebe aus rundlichen Zellen mit Interzellularräumen; d sternförmige Zelle (z) mit großen Lücken (i) (Schwammgewebe); e Gefäß mit Spiral- und Ringleisten; f Tüpfelgefäß; g Siebröhre, Stelle, wo zwei Glieder derselben aneinanderstoßen, in der Mitte die quer durchschnittene Siebplatte, das Graue ist der Inhalt.

förmige Zelle (Fig. 9, b); auch können mannigfache andere Formen entstehen: prismatische Zellen (Fig. 9, a), sternförmige Zellen (Fig. 9, d) usw. Was die Größe der Zellen betrifft, so ist dieselbe natürlich sehr verschieden; bei den höheren Pflanzen sind sie zumeist mikroskopisch klein; im Durchschnitt haben sie hier einen Durchmesser von 0,1—0,01 mm. Es gibt auch niedere Pflanzen, welche aus einer einzigen Zelle bestehen („nichtzelluläre Pflanzen"); so stellen die Bakterien die kleinsten Zellen dar, die es überhaupt gibt, aber unter Umständen werden einzellige Pflanzen auch sehr groß und weisen eine weitgehende Individuation bezüglich der Gestalt auf. Daß diese „einzelligen" Pflanzen aber den mehrzelligen entsprechen, zeigt der Umstand, daß ihre Energiden zahlreiche Kerne besitzen.

Das Dickenwachstum geht vom Lumen der Zelle aus. Die verdickte Membran zeigt oft deutlich konzentrische Schichtung. Doch werden diese Schichten nicht ganz gleichmäßig gebildet, so daß in der Wand kanalartige Lücken (Fig. 10) entstehen, welche bis auf die ursprüngliche Wand der jungen Zelle gehen. Daß auch in dieser primären Wand sehr feine Kanäle die Zellen verbinden, ist schon gesagt. Gewöhnlich stoßen sie hier mit ähnlichen Kanälen der benachbarten Zellen zusammen, so daß an diesen Stellen eine Verbindung mit letzteren stattfinden kann. Von der Fläche gesehen, erscheinen diese Kanäle als Tüpfel. Die Verdickungen der Zellmembran können aber auch derart vonstatten gehen, daß sie als Leisten (von Spiral-, Ring-, Netz- usw. Form) in das Innere der Zelle vorspringen und dann, von der Fläche gesehen, als eine dementsprechende Zeichnung erscheinen (Fig. 9, e und f).

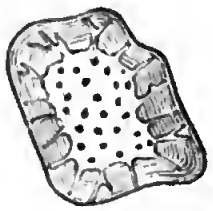

Fig. 10. Steinzelle, stark vergrößert; verdickte Zellwand mit Tüpfelkanälen.

Eine besondere Form der Tüpfel sind die behöften; hier ist der Tüpfelkanal nicht gleichmäßig weit, sondern wird nach

der primären Zellhaut zu weiter, die Öffnung ist also enger, da ihm auf der anderen Seite ein ähnlicher Tüpfel entspricht; so entsteht im ganzen dadurch ein linsenförmiger Raum, der in der Mitte durch eine Wand geteilt ist. Diese behöften Tüpfel sind Klappenventile; sie finden sich z. B. an faserförmigen Zellen, die dann Tracheiden genannt werden.

Neben dieser Form-Veränderung durch Dickenwachstum kann die Zellwand auch stoffliche Veränderungen erfahren, indem in die Zellulose Stoffe eingelagert werden, welche ihr besondere Eigenschaften verleihen. So kann die Membran durch Einlagerung von Suberin bzw. Kutin verkorken und durch Lignin verholzen. Im ersten Fall zeigt sie eine besonders nachgiebige Geschmeidigkeit und ist dabei für Wasser undurchlässig. Die Pflanze läßt ihre Membran verkorken, wenn sie diese beiden Eigenschaften haben soll, z. B. in der Außenwand der Oberhaut. Bei der Verholzung erlangt die Zellwand eine hervorragende Festigkeit, ohne dabei ihre Fähigkeit einzubüßen, Wasser durchzulassen; im Gegenteil, das Wasser bewegt sich dann in ihr ganz besonders leicht. Ferner kann die Zellwand auch verschleimen (z. B. beim Lein- und Quittensamen), und endlich lagern sich in sie unorganische Stoffe ab wie Kiesel (Schachtelhalm und Gräser) und Kalksalze. Eine Umwandlung in Gummi findet in mehr krankhafter Weise statt (Kirschgummi).

Wenn die Wand wächst und die Zelle dadurch an Umfang zunimmt, so kann das Protoplasma dem nicht in gleichem Maße folgen, und es müssen darin Lücken entstehen, welche Vakuolen genannt werden, die aber nicht etwa leer sind, sondern mit dem von außen eintretenden Zellsaft angefüllt werden, d. h. mit Wasser, welches einige Salze (auch Zucker, organische Säuren und Farbstoffe) enthält. Das Protoplasma ist dann netzartig zerklüftet, und gewöhnlich schwebt der Zellkern mehr oder weniger in der Mitte, von einem Netzwerk von

Plasmafäden getragen. Das an die Vakuolen angrenzende Plasma hat eine größere Festigkeit (Hautschicht), weshalb man gedacht hat, jene hätten eigne Wände. Nehmen die Vakuolen aber noch mehr überhand, so geht das Plasma ganz an die Wand zurück und mit ihm auch der Kern. Es bildet dann einen ringsum geschlossenen Sack, den Primordialschlauch.

Plasma und Zellsaft sind aber nicht die einzigen Inhaltskörper der Zelle, vielmehr kann das lebendige Protoplasma noch manche andere Stoffe in sich ausbilden. Da ist zunächst als wichtigster das Chlorophyll zu nennen, auf deutsch Blattgrün. Es verleiht der Pflanze die uns so wohltuende grüne Farbe. Genauere Untersuchung mit dem Mikroskop zeigt, daß sich in dem Plasma gewisser Zellen, vor allem des Blattes, kleine Plasmakörnchen (Chloroplasten) befinden, welche mit einem grünen Farbstoff ausgestattet sind, der im Wasser nicht löslich ist, den man aber aus den Blättern durch Alkohol herausziehen kann.

Für eine Pflanze, die sich selbständig ernähren will, ist der grüne Farbstoff ein ganz unerläßlicher Bestandteil, der überhaupt erst die Ernährung bewirkt, wie dies später noch dargelegt werden soll, wenn wir von der Ernährung der Pflanze reden. Diese grüne Farbe kann nur entstehen, wenn das Sonnenlicht auf die Pflanze einwirkt: jedermann weiß ja, daß im Keller austreibende Pflanzen bleich und gelblich sind, daß sie aber ergrünen, wenn man sie ans Licht bringt; auch ist zum Ergrünen der Chloroplasten die Gegenwart von Eisen nötig. Innerhalb der Zelle nehmen die Blattgrünkörner oft eine durch das Licht beeinflußte Lage

Fig. 11.
In Teilung begriffene Blattgrünkörner; stark vergrößert.

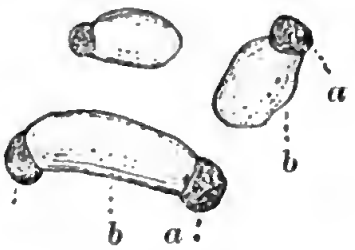

Fig. 11a.
Stärkebildner a mit Stärkekörnern b aus dem Rhizom von Iris germanica; stark vergrößert.

ein. Sie führen in gewisser Hinsicht ein selbständiges Leben, wenigstens hat man beobachtet, daß sie sich teilen (Fig. 11).

Neben den Chlorophyllkörnern sind von den Inhaltskörpern der Zellen noch andere körnige Stoffe besonders wichtig, die man als das Produkt der Ernährung zu betrachten hat; nämlich die Stärkekörner. Sie entstehen in den Blattgrünkörnern selbst oder in besonderen farblosen Protoplasmagebilden (sog. Leukoplasten), denen man danach den Namen

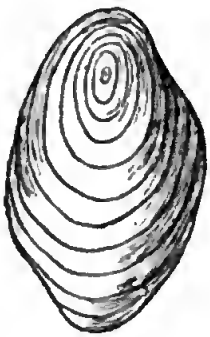

Fig. 12.

Fig. 13.

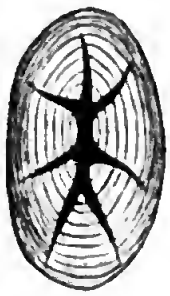

Fig. 14.

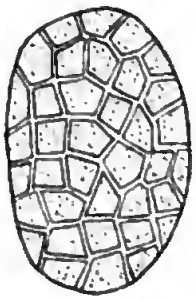

Fig. 15.

Fig. 16.

Fig. 12—16. Verschiedene Stärkeformen:
12 Kartoffel, 13 Weizen, 14 Bohne, 15 Hafer, letztere bei 16 in ihre Teile zerfallen; stark vergrößert.

Stärkebildner (Fig. 11a) erteilt hat. Ihre körnige Beschaffenheit zeigt an, daß sie im Zellsaft, also in Wasser, unlöslich sind. Die Stärkekörner zeigen bei verschiedenen Pflanzen verschiedene Formen (Fig. 12—16). Hierauf beruht die Möglichkeit, die verschiedenen bekanntlich aus Stärke bestehenden Mehlarten mikroskopisch nachzuweisen und Fälschungen aufzudecken. Gewöhnlich ist eine Schichtung der Körner mehr oder weniger deutlich. Sie werden, ein bequemes

Erkennungsmittel, durch Jodlösung blau gefärbt. Für die Pflanze sind sie von sehr großer Bedeutung. An dieser Stelle merken wir uns nur, daß sie den wichtigsten Bau- und Reservestoff darstellen und durch ein Ferment (Diastase) aufgelöst werden, um in die Pflanze wandern zu können.

Von anderen Inhaltsstoffen der Zelle nennen wir die nichtgrünen Farbstoffe. Trotz ihrer so großen und in die Augen fallenden Mannigfaltigkeit lassen sie sich in zwei Gruppen teilen: die einen sind in Zellsaft löslich, das sind die blauen und roten Farben; die anderen sind unlöslich und bilden daher Körnchen, das sind die gelben Farben, deren Zusammenhang mit dem Blattgrün unzweifelhaft ist. Sie sind wie letzteres an Protoplasmakörnchen gebunden, die man Chromoplasten nennt. Die große Manigfaltigkeit der Farben in der Pflanzenwelt wird mit recht einfachen Mitteln erreicht: Kombination der verschiedenen Farben und besondere anatomische Verhältnisse.

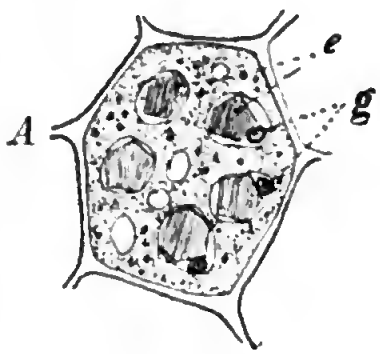

Fig. 17.
Aus dem Endosperm von Ricinus communis.
A eine Endospermzelle mit Inhalt unter Wasser, g das Globoid, e der Eiweißkristall; stark vergrößert.

Ein im Pflanzenreich sehr verbreiteter Stoff ist der Gerbstoff. Er ist gelöst und läßt sich daher nur durch besondere chemische Reaktionen nachweisen. Über seine Bedeutung ist man sich trotz ausgedehnter Untersuchungen noch wenig klar: gewiß ist aber z. B., daß eine Art Gerbstoff mit der roten und blauen Farbe zusammenhängt.

Neben den genannten Inhaltskörpern finden sich in der Zelle Kristalle verschiedener Salze in Form von Nadeln, Doppelpyramiden und Morgensternen. Ganz besonders kommt hierbei oxalsaurer Kalk in Betracht; diese Kristalle sind Auswurfstoffe, die aber, wenn giftig, ein Schutzmittel

gegen Angriffe von Tieren bilden. Endlich seien noch die rundlichen, oft kristallähnliche Eiweißmassen umschließenden Proteinkörner (Kleber) oder Globoide genannt, welche selbst auch Eiweißstoffe sind und z. B. in Samen von Gräsern und von Rizinus (Fig. 17) vorkommen.

3. Gefäße und Röhren.

Es läßt sich der Satz aufstellen, daß es nichts in der Pflanze gibt, was nicht aus Zellen besteht oder doch wenigstens aus und in Zellen seinen Ursprung genommen hat.

Nun wird die Pflanze aber noch von Röhren durchzogen, die in den Wurzeln ihren Anfang nehmen und oben in dem zarten Aderwerk der Blätter endigen. Auch sie sind ursprünglich Zellen gewesen, aber dadurch, daß die Querwände der senkrecht untereinanderliegenden Zellen aufgelöst wurden, zu Röhren geworden. — Sie werden Gefäße genannt und stellen ein Leitungssystem für Luft, auch wohl für Wasser dar. Die Gefäße sind im Durchschnitt 10 cm lang, doch werden sie bei manchen Pflanzen viel länger, so bei der Eiche 2 m und bei tropischen Lianen gar bis 5 m lang. Äußerlich sind sie, natürlich nur unter dem Mikroskop, daran zu erkennen, daß sie eigenartige Wandverdickungen besitzen, Leisten, die in das Innere der Röhren einspringen und teils spiralig, teils ringförmig, netzförmig, treppenförmig oder endlich einfach tüpfelförmig sind; man unterscheidet danach Spiral-, Ring-, Netz-, Treppen- und Tüpfelgefäße. Diese Leisten sollen offenbar die Gefäße aussteifen (Fig. 9, e und f) und ihnen größere Festigkeit verleihen gegenüber dem Saftdruck von den seitlich liegenden Parenchymzellen. Die Wände der Gefäße sind verholzt, leiten daher leicht Wasser. Da die Energiden aus ihnen verschwunden sind, so sind die Gefäße als tot zu betrachten, doch spielen sie trotzdem noch als Luft- und Wasserleiter eine große Rolle.

— Mit den oben genannten Tracheiden sind die Gefäße durch Übergänge verbunden.

Neben diesen Gefäßen kommen in der Pflanze sogenannte Siebröhren vor. Es sind dies Röhren, die auch aus übereinanderstehenden Zellen entstehen; hier werden aber die Querwände nicht ganz aufgelöst, sondern siebartig durchlöchert. Auch an den Seiten der Siebröhren kommen solche Siebplatten vor. Die dünnen, keine Verdickungen zeigenden Wände bestehen noch aus Zellulose, und der Gehalt an Protoplasma wenigstens als dünner Wandbeleg in der Jugend zeigt an, daß die Siebröhren noch Leben haben. Vor allem enthalten sie aber einen klaren Eiweißschleim, offenbar ist dies ein Nährstoff der Pflanze, dessen Leitung sie übernehmen. (Fig. 9, g und 18.) Im Herbst werden die Siebporen von einer Schleimhaut (Kallus) geschlossen, um die Weiterbildung von Eiweiß zu hindern, im Frühjahr löst sich diese wieder auf.

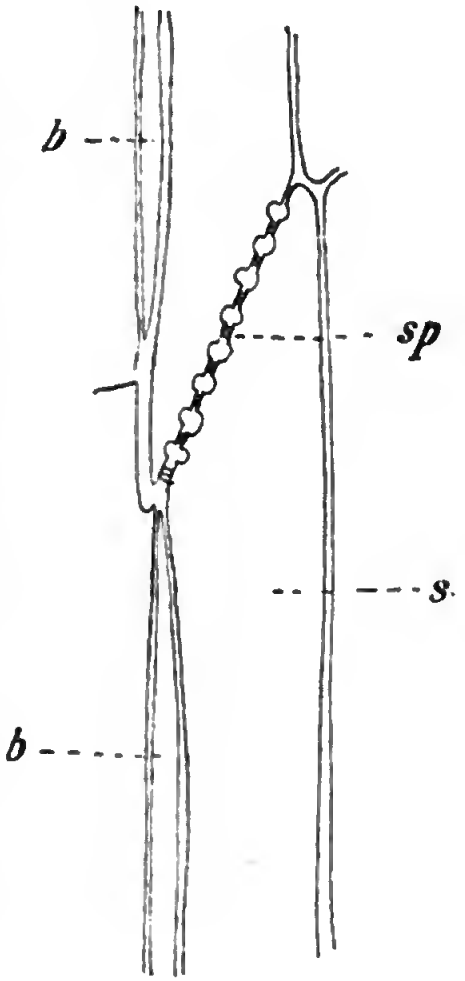

Fig. 18.
Siebröhre (s) mit Geleitzellen (b), bei sp die Siebporen; stark vergrößert.

Eine dritte Art von Röhren sind die verzweigten Milchsaftröhren, welche jenen milchartigen Saft enthalten, durch den sich manche Pflanzen, wie die Mohn- und Wolfsmilcharten, auszeichnen (Fig. 19). Auch sie entstehen durch Auflösung der Querwände übereinanderliegender Zellen; es gibt jedoch auch Milchsaft-

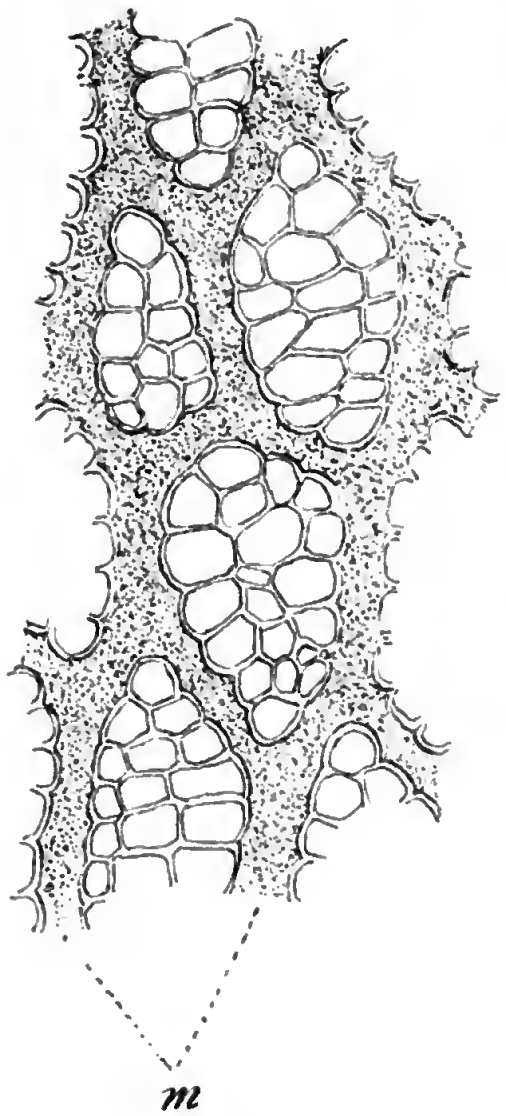

Fig. 19.
Milchsaftröhren (m) zwischen andern Zellen, von Lactuca virosa; stark vergrößert.

zellschläuche, einzelne, verzweigte, sehr lange Zellen, welche am Ende immer weiter wachsen (Wolfsmilch).

4. Die Gewebearten.

Wir haben schon gesehen, daß eine Lebenstätigkeit der Zelle darin besteht, daß sie sich teilen kann. Es gibt viele niedere Pflanzen, welche ihr Lebtag einzellig bleiben. Haben sie sich geteilt, so trennen sich auch die beiden „Tochterzellen" alsbald wieder. Allein bei den meisten Pflanzen ist es nicht so, sondern da bleiben die beiden neuen Zellen in stetem Zusammenhang, und jede dieser beiden Töchter kann nun auch dem Beispiel der Mutter folgen und sich wieder teilen, indem jedesmal die sich teilende Zelle ihre eigene Selbstständigkeit aufgibt und zu zwei neuen Zellen wird. So entsteht eine Gemeinschaft von Zellen, welche Gewebe genannt wird (Fig. 9, c und d).

Es liegt auf der Hand, daß der Charakter dieser Gewebebildung unter dem Einfluß der Richtung stehen wird, in welcher sich die Teilung und Ausdehnung der Zellen fortsetzt. Erfolgen die Teilungen sowie die Ausdehnung der Zellen in einer auf der Längsachse der Zelle senkrechten

Richtung, so geht aus diesem Wachstum ein fadenförmiges, nur eine Zelle breites Gewebe hervor; finden die Teilungen in zwei Richtungen statt, so muß ein flächenartiges Gebilde entstehen, und wenn sich endlich die Zellen in drei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen teilen, so ergibt sich ein Zellkörper.

Wir haben nun in der Natur Pflanzen, welche diesen einzelnen Formen entsprechen. Neben den einzelligen Pflanzen finden wir besonders unter den niederen Formen solche, die ein faden-, flächen-, oder körperförmiges Gewebe darstellen; aber auch an der höheren Pflanze kommen derartige Gebilde vor: doch sind bei ihr die körperlichen Gewebe die bei weitem überwiegenden. Bei der Einteilung der Gewebearten einer höheren Pflanze ist die Form der einzelnen Zellen maßgebend, vor allem aber auch ihre physiologische Bedeutung, ohne welche sie nicht zu verstehen sind.

Wenn die Zellen, die das Gewebe zusammensetzen, eine im allgemeinen würfelförmige oder prismatische Gestalt haben und sich in ihren Ausdehnungen mehr der Kugelform nähern, so nennt man das Gewebe parenchymatisch (Parenchym); besteht es dagegen aus faserförmigen langgestreckten Zellen, so ist es prosenchymatisch (Prosenchym). Das erstere dient mehr Ernährungszwecken, das letztere der Wasserleitung und mechanischen Zwecken. Das Prosenchym ist meist verholzt und besitzt neben großer Festigkeit eine gewisse Nachgiebigkeit; man hat gefunden, daß es darin oft dem Stahl ähnlich ist. Wenn in einem parenchymatischen Gewebe nur die Ecken Verdickungen zeigen, so nennt man es Kollenchym, die Verdickungen liegen übereinander und bilden der Festigkeit dienende Säulen; wenn das Gewebe aus sehr stark verdickten, harten Zellen (Fig. 10, Steinzellen) besteht, so heißt es Sklerenchym (z. B. in Nußschalen).

Wichtiger ist die Unterscheidung der Gewebe nach ihrer physiologischen Bedeutung. Dabei ist zunächst zu beachten, ob das Gewebe noch teilungsfähig ist, dann nennt man es Meristem (primär [ursprünglich] ist das Meristem des Vegetationskegels [Fig. 20] am Gipfel der Sprosse und Knospen; sekundär [nachträglich entstanden] ist das Meristem, Kambium, welches die Korkbildung der Bäume bewirkt, s. unten), oder ob es die Teilungsfähigkeit verloren hat, dann ist es ein Dauergewebe. — Nach ihren Aufgaben sind dann ferner die Dauergewebe bei den höheren Pflanzen in drei Gruppen zu teilen, die nach Lage und Form bezeichnet werden als Hautgewebe, Grundgewebe und Stranggewebe.

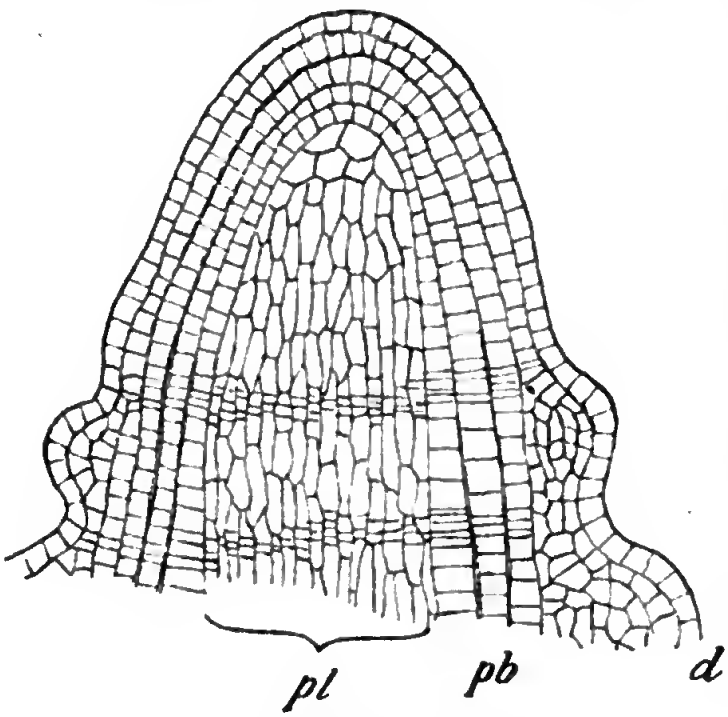

Fig. 20.
Meristem des Vegetationskegels.
d Dermatogen, pb Periblem, pl Plerom; sehr stark vergrößert.

a) Das Hautgewebe

umschließt, wie der Name sagt, als eine Haut die ganze (junge) Pflanze; später ist es nur noch auf den Blättern zu finden. Das übrige Gewebe der Pflanze erscheint dann wie eine Grundmasse (daher Grundgewebe), in welcher strangartige Massen (Stranggewebe) gewissermaßen eingebettet sind.

Die Zellen des Hautgewebes stehen lückenlos zusammen; sie enthalten kein Chlorophyll, und die äußerste Schicht, Kutikula (Fig. 22) ihrer Außenwand ist verkorkt (durch Kutin), also elastisch und undurchlässig für Wasser. Sie sind entweder sechseckig langgestreckt (oft an grünen Stengeln), oder ihre Wände sind geschlängelt und greifen fest ineinander (besonders an Blättern). Sie besitzen schwache Energiden, farblose Chromatophoren und viel Wasser, so daß durch die Oberhaut die Pflanze wie mit einem Wassermantel umgeben ist. Die Undurchlässigkeit für Wasser wird oft durch eine Wachsschicht auf der Oberhaut verstärkt (der bläuliche Reif auf Stengel und Blatt der Erbse), auch Inkrustationen von Kieselsäure und Kalk kommen vor. Die vom Hautgewebe gebildete Oberhaut oder Epidermis der Blätter dient aber auch dem Gasaustausch und der Transpiration (Ausdünstung). Dazu besitzt sie besondere Vorrichtungen, die so-

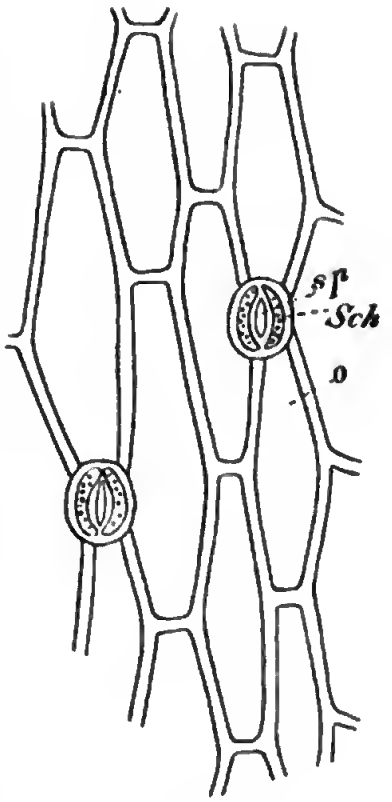

Fig. 100.
Oberhaut von Iris, von der Fläche gesehen; o die Zellen der Oberhaut, Sch Schließzellen, sp Spalte; stark vergr.

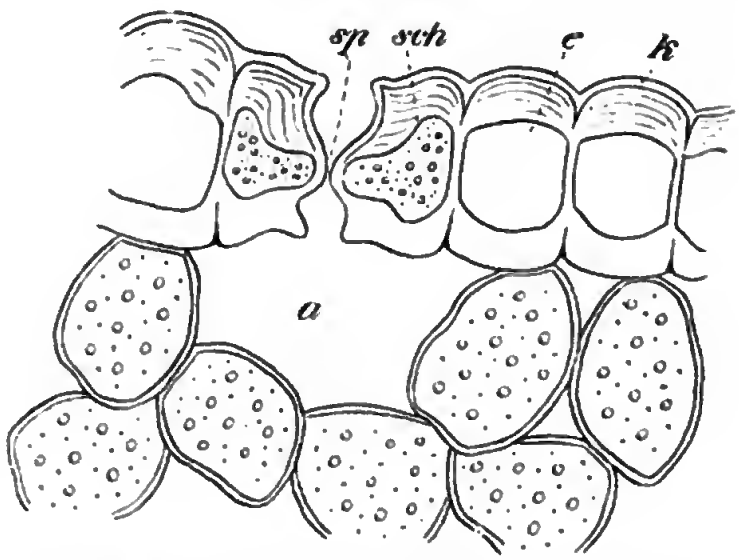

Fig. 22. Oberhaut von Hyacinthus orientalis, im Längsschnitt; e Zellen der Oberhaut, k Kutikula, sch Schließzelle, sp Spalt, a Atemhöhle; stark vergr.

Fig. 23.
Fadenförmiges Haar von **Stachys lanata**; vergrößert.

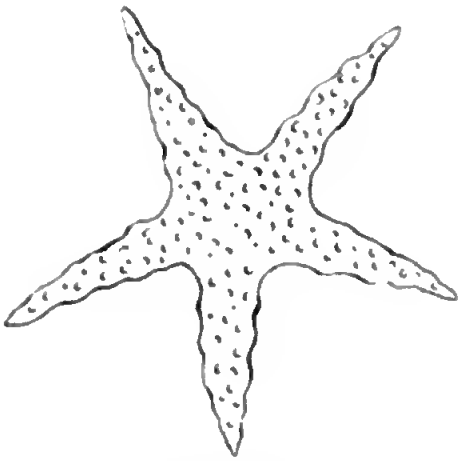

Fig. 25.
Sternförmiges Haar von **Deutzia scabra**; ſtark vergrößert.

Fig. 24. Haar aus dem Schlunde der Blumenkrone von **Viola tricolor**; ſtark vergrößert.

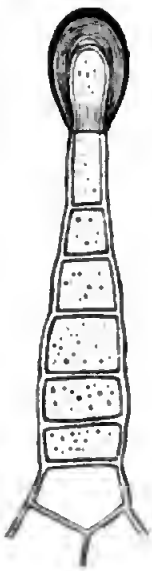

Fig. 27.
Drüſenhaar von **Pelargonium**; ſtark vergrößert.

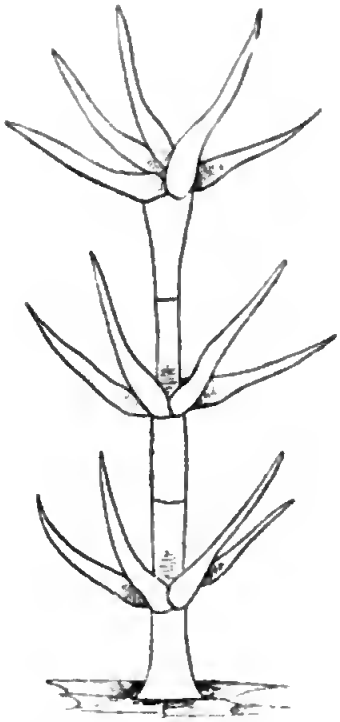

Fig. 26.
Verzweigtes Haar von **Verbascum Thapsus**; ſtark vergrößert.

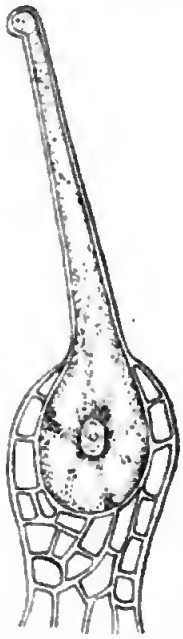

Fig. 28. Brennhaar v. d. Brennneſſel; ſtark vergr.

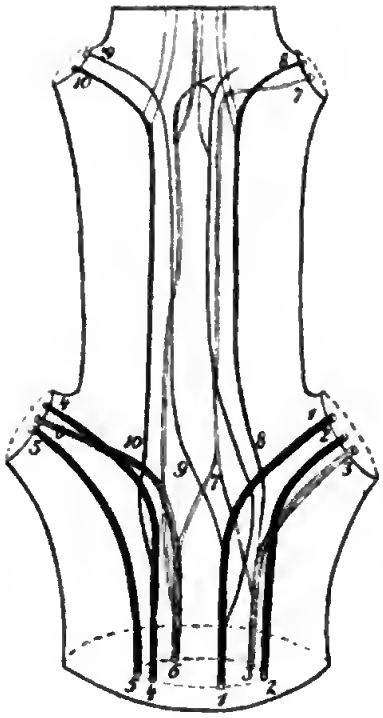

Fig. 29.
Gefäßbündelverlauf im Stengel von Clematis Viticella. Die Zahlen zeigen den Verlauf der einzelnen (6) Bündel an, die im Kreis liegen und andere Bündel abzweigen; schematisch.

genannten Spaltöffnungen (Fig. 21 und 22): zwei bohnenförmige Zellen (Schließzellen, mit Chlorophyll) stehen einander gegenüber, lassen also zwischen sich einen Spalt, der sich durch Annäherung oder Entfernung der Schließzellen schließen bezw. öffnen läßt. Beides wird von der Pflanze selbst geregelt; denn bei großem Wassergehalt treten die Schließzellen auseinander, und bei geringem Wassergehalt nähern sie sich einander, was mit der verschiedenen Ausbildung der Schließzellenwände zusammenhängt.

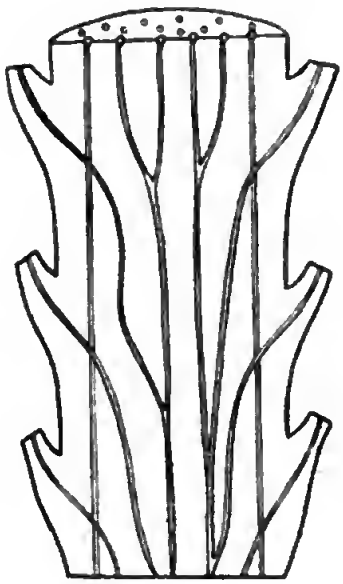

Fig. 31.
Gefäßbündelverlauf einer Monokotyledone. Die Gefäße liegen zerstreut; schematisch.

Unter den Spaltöffnungen findet sich ein großer Interzellularraum (s. unten), die sogenannte Atemhöhle (Fig. 22 a.)

Spaltöffnungen finden sich besonders auf der Blattunterseite, bei schwimmenden Blättern auf der Oberseite, weniger zahlreich an kantigen Stengeln.

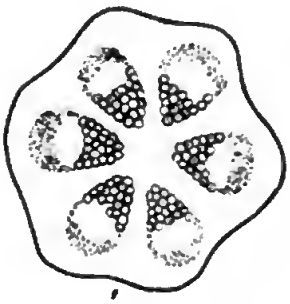

Fig. 30.
Derselbe Stengel wie in Fig. 29 im Querschnitt mit 6 Gefäßbündeln; schematisch.

Fig. 32.
Derselbe Stengel wie in Fig. 31 im Querschnitt, um die zerstreuten Gefäßbündel zu zeigen; schematisch.

Filzhaare schützen die Spaltöffnung oft vor Benetzung durch Regen oder Tau. — Manche Pflanzen besitzen zur Absonderung flüssigen Wassers besondere „Wasserspalten“.

Haare (Fig. 23—28) sind Gebilde der Oberhaut; die einfachsten entstehen, indem sich Epidermiszellen vorwölben und wachsen; nehmen auch tiefer gelegene Zellen an ihrer Bildung teil, so spricht man von Emergenzen. — Beide haben sehr mannigfache Formen; sie dienen zum Schutz gegen Verdunstung oder gegen Tiere. Manche Haare sondern ein Sekret ab: Drüsen- (Fig. 27) und Brennhaare (Fig. 28).

b) Das Grundgewebe

kann je nach seinem Zweck die oben genannten Formen zeigen: parenchymatisches Grundgewebe dient meistens der Ernährung, in ihm findet sich daher oft Chlorophyll (es kommt vor im Blattgewebe und in der Rinde). Doch auch das Mark der Bäume ist Parenchym; da es aber kein Plasma enthält, ist es als tot zu betrachten. Sklerenchymatisches und kollenchymatisches Gewebe kommt in der Rinde vor und soll derselben Festigkeit verleihen. Zwischen den Zellen finden sich oft Lücken, Interzellularräume (Fig. 9 c), welche der Durchlüftung dienen. Sind sie groß und die Zellen sternförmig, so entsteht ein schwammartiges Gewebe (Fig. 9 d) (bei Wasserpflanzen), das natürlich auch ziemlich nachgiebig ist.

Das Grundgewebe kann aber auch Speichergewebe sein, in vielen Organen wird in ihm vor allem Stärke als Reservestoff abgelagert; es können in ihm jedoch auch Auswurfstoffe, wie Harze, Gummi, ätherische Öle, Alkaloide angesammelt werden, die dann auch noch eine Nebenbedeutung haben (s. unt.).

c) Das Stranggewebe

stellt jene Stränge dar, welche, wie schon gesagt, in dem Grundgewebe gleichsam eingebettet sind und die ganze Pflanze

durchziehen. Sie beginnen an den Wurzelspitzen, verlaufen im Stamm ganz gesetzmäßig, treten in mannigfacher Weise in die Blätter ein (Fig. 29—32) und endigen in den feinen Verästelungen der Blattadern. Sie bilden ein Leitungssystem, dienen aber, wie wir gleich sehen werden, auch noch anderen Zwecken. Gerade bei ihnen zeigt sich so schön, wie in der Natur, bei der Allweisheit ihrer Einrichtungen, mit einem Mittel meherere Zwecke erfüllt werden.

Man nennt diese Stränge (Fig. 33) Gefäßbündel, weil in ihnen Gefäße vorkommen; es ist aber keine gute Bezeichnung, da die Gefäße durchaus nicht die Hauptsache sind; besser ist es, sie Leitbündel zu nennen. Sie bestehen in der ausgeprägtesten Form aus 3 Teilen: Gefäßteil (auch Holzteil genannt), Siebröhrenteil (auch Bast) und Kambium. Auf dem meist eiförmigen Querschnitt des Gefäßbündels sind diese drei Teile so angeordnet, daß das Kambium eine schmale Zone zwischen den beiden anderen Teilen einnimmt, und im Stengel ist das Gefäßbündel meist derartig gestellt, daß der Gefäßteil dem Mittelpunkt, der Siebröhrenteil dagegen dem Umfang zugekehrt ist.

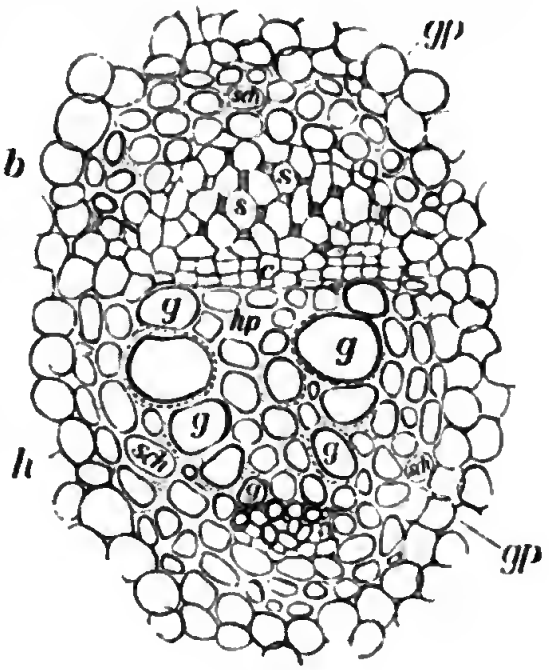

Fig 33.
Ranunculus repens, kriechender Hahnenfuß, ein Gefäßbündel, stark vergrößert.
b Bastteil; c Kambium; h Holzteil; s Siebröhren; g Gefäße; hp Holzprosenchym; sch Scheide; gp Grundparenchym.

Der Gefäßteil hat seinen Namen von seinen hervorstechendsten Bestandteilen, nämlich den Gefäßen. Die innersten Gefäße sind enger als die äußeren, und die Untersuchung auf

dem Längsschnitte zeigt, daß jene inneren enge Spiral- und Ringgefäße sind. Weiterhin besitzt das Gefäßbündel aber nur Tüpfelgefäße. Zwischen den Gefäßen liegen Parenchymzellen und besonders auch Holzfaserzellen, welche oft den größten Teil des Holzes ausmachen.

In dem Siebröhrenteil finden sich Siebröhren (ohne Zellkern), daneben Parenchymzellen, welche Geleitzellen (mit Zellkern, in Fig. 33 bei b sind sie grau gezeichnet, siehe auch Fig. 18) heißen. Dieser Teil des Gefäßbündels ist gewöhnlich aus dünnwandigeren und unverholzten Zellen gebildet, hat auch einen geringeren Umfang als der Holzteil. Um ihn herum liegt ein Halbmond von Fasern, welche oft mit denen, die den Holzteil umgeben, zusammenstoßen und dann eine „Schutzscheide“ bilden. Geht diese um das ganze Bündel herum, so schließt dies eine Vergrößerung desselben aus; das Kambium erstarrt dann zu einem dünnwandigen Gewebe; ein solches Bündel heißt „geschlossen,“ während es im ersteren Fall „offen“ genannt wird.

Das Kambium ist im übrigen eine Schicht von sehr zarten Zellen, welche in Teilung begriffen sind und sich nach außen zu den Zellen des Siebröhrenteils, nach innen zu denen des Gefäßteils ausbilden. Es hängt unmittelbar mit dem Meristem des Vegetationskegels zusammen, ist also ein primäres Meristem.

Was nun die Bedeutung der Gefäßbündel anbelangt, so dienen sie in erster Linie zur Leitung: der Gefäßteil zur Leitung des Wassers, der Siebröhrenteil zur Leitung der Eiweißstoffe. Daneben sollen die Gefäßbündel aber auch durch ihre mechanisch wirksamen Zellen und Fasern die Pflanze aufrecht erhalten; sie bilden demgemäß Träger, welche in ihrer Gesamtordnung wie auch in der Ordnung ihrer mechanischen Zellen den Gesetzen der Mechanik entsprechen.

5. Das Dickenwachstum.

Einzelne Gefäßbündelstränge, wie sie eben beschrieben wurden, durchziehen den Stengel einjähriger, schwacher und der monokotylen Pflanzen sowie alle Blätter. Wenn die Gefäßbündel so schwach bleiben, so sind sie „geschlossen", d. h. sie besitzen eine ringsherum gehende „Scheide" von dickwandigen Zellen (oder Fasern), so ist es z. B. fast bei allen Monokotylen (z. B. Gräsern und Binsen). Allein es läßt sich denken, daß dies so einfach nicht bleiben kann, wenn der Stengel im Lauf des Lebens in die Dicke wächst, wie es bei den meisten Dikotylen ist (Fig. 34). In diesem Fall geht das Wachstum auch wieder von dem Gefäßbündel aus, und zwar von dem Kambium.

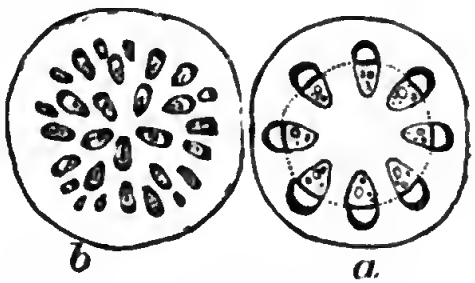

Fig. 34.

Schema der Gefäßbündelanordnung (auf dem Querschnitt) bei einer dikotylen Pflanze (Fig. 34, a), z. B. Hahnenfuß, und einer monokotylen (Fig. 34, b), z. B. Binse, Gras. Im ersten Fall sind die Bündel in einen Kreis gestellt, an den gestrichelten Stellen bildet sich beim Dickenwachstum das Kambium. Im zweiten Fall sind die Bündel auf den Querschnitt zerstreut.

Die zarten Zellen desselben haben die Fähigkeit behalten, sich zu teilen; sie bilden gewissermaßen einen Jungbrunnen, aus dem sich die Pflanze andauernd erneuern kann. Dabei findet aber noch etwas Besonderes statt. Es läßt sich vorstellen, daß das Wachstum in die Dicke ein ganz ungleichmäßiges sein würde, wenn das Kambium immer nur in einzelnen Bündeln vorkäme. Um dies zu vermeiden, entsteht gar bald ein geschlossener Ring, und zwar dadurch, daß die zwischen den Kambiumteilen liegenden Parenchymzellen des Grundgewebes anfangen sich zu teilen und daß die neuen Zellen sich dem Kambium anschließen.

Dieser derartig entstandene Kambiumring erzeugt nun fortwährend nach innen Gefäße, Fasern und Parenchymzellen,

nach außen Siebröhren und Parenchymzellen sowie auch Faserzellen. Die ersteren schließen sich zu einem dichten Gewebezylinder zusammen und bilden das, was man im gewöhnlichen Leben Holz nennt; die letzteren hingegen bilden nur einzelne Kappen über den ursprünglichen Gefäßbündeln. Ihre Fasern aber hängen in festen Schichten zusammen und lassen sich daraus als Bast gewinnen, der bekanntlich wegen dieser Eigenschaft zum Binden usw. benutzt werden kann.

Bei den Nadelhölzern besteht das sekundär gebildete Holz nur aus Tracheiden, bei den bedecktsamigen Bäumen (also z. B. bei unseren Obst- und Laubwaldbäumen) hat das Holz einen viel komplizierteren Bau, indem es neben echten Gefäßen noch Tracheiden, Faserzellen und Parenchymzellen in vielfachen Übergängen aufweist. Hierdurch kann bei den verschiedenen Arten eine große Mannigfaltigkeit erreicht werden, so daß man die Arten nach dem Holz unterscheiden kann. Die Gefäße und Tracheiden dienen dabei der Luft- und Wasserleitung, die parenchymatischen Elemente und Faserzellen sind oft Speicherorgane, in denen sich im Winter Stärke ansammelt.

Der Holzkörper ist übrigens doch kein völlig einheitlich gebildeter Gewebezylinder, er wird vielmehr von Zellplatten durchzogen, die senkrecht stehend strahlig von innen nach außen laufen, so daß sie auf dem Querschnitt als dünne Strahlen, auf dem sog. Radialschnitt (in der Richtung des Radius) dagegen als Zellplatten erscheinen. Man nennt sie Markstrahlen, weil sie, wenigstens z. T., von dem Mark, d. h. dem innersten Grundgewebe aus nach außen strahlig verlaufen, nämlich an den ursprünglichen Trennungsstellen der benachbarten Gefäßbündel. Es gibt aber auch noch andere derartige Markstrahlen, welche das Mark nicht erreichen, also kürzer sind; sie werden im Gegensatze zu den anderen, den „primären", die „sekundären" Markstrahlen genannt. In den Markstrahlen werden die in den Blättern

gebildeten Stoffe geleitet; oft sieht man in ihnen eine Aufspeicherung von Stärke.

Die Tätigkeit des Kambiums ist natürlich von äußeren Verhältnissen abhängig; sind diese den Ernährungsverhältnissen ungünstig, so wird die Lebenstätigkeit, d. h. die Teilung des Kambiums, eine verminderte sein. Nun ist ja in unsern Breiten die Vegetationsperiode keine andauernde, sondern wird mit dem Eintritt einer kälteren Jahreszeit unterbrochen. Dann fällt das welkende Laub von den Bäumen, und der Baum streckt trauernd seine kahlen Äste gen Himmel. Und auch im Innern steht der Lebensstrom still; es ist, als ob ein tiefer Winterschlaf alle Zellen in seinen erstarrenden Bann nähme: die Teilung des Kambiums wird vollständig eingestellt, und der Baum wächst also auch nicht in die Dicke. Bekanntlich kommt aber auch der Winter nicht über Nacht nach einem warmen Sommertag. Vielmehr ergreift er allmählich das Zepter und gewöhnt durch seinen milderen Boten Herbst die Natur an seine strenge Herrschaft. Demnach wird auch der Baum im Verlauf des Herbstes seine Tätigkeit allmählich einstellen, daher beobachtet man dann auch im Herbst, wie die Teilungen des Kambiums allgemach schwächer werden. Obendrein sind die Zellen, die es dabei bildet, dickwandiger und enger, und die Zahl der Gefäße ist kleiner. Die Folge davon ist, daß dieses Herbstholz dichter erscheint als das früher erzeugte. Tritt nun aber nach der winterlichen Ruhe wieder, von den lauen Lüften erweckt, die neue Vegetationsperiode ein, so beginnt auf einmal ein mächtiges Strömen und Wandern der Lebenssäfte, und das Kambium fängt machtvoll seine Arbeit von neuem an. Die Folge davon ist, daß nun ein Gewebe, das sogenannte Frühjahrsholz, entsteht, das einen ganz andern Charakter hat; es hat weitere und dünnwandigere Zellen und ist reicher an Gefäßen; daher erscheint es bedeutend lockerer als das Herbstholz.

Denkt man sich dies nun in den verschiedenen Jahren wiederholt, so wird es verständlich, daß der Holzkörper auf dem Querschnitt wie aus konzentrischen Ringen zusammengesetzt erscheint; denn die Grenze des lockeren Frühjahrsholzes gegen das feste Holz des vorigen Herbstes ist eine scharfe. Man nennt diese Ringe Jahresringe. Aus ihrer Ausbildung und Dicke läßt sich auf die Fruchtbarkeit und auf allerhand Begleiterscheinungen des betreffenden Jahres schließen.

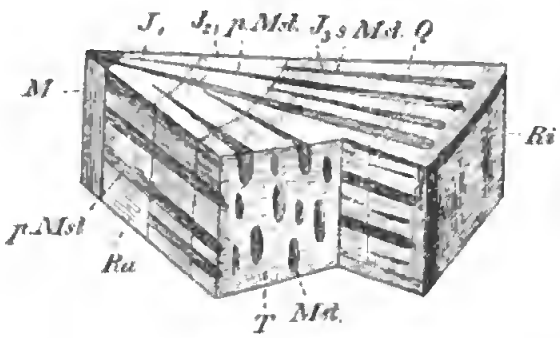

Fig. 35.
Holzstück, schematisiert, verkl.; M Mark, Ri Rinde, J_1 J_2 J_3 3 Jahresringe, pMst primärer Markstrahl, sMst sekundärer Markstrahl, Q Querschnitt, T Tangentialschnitt, Ra Radialschnitt.

Da in jedem Jahr dem Holz ein Ring zugefügt wird, kann man aus der Zahl der Jahresringe auch auf das Alter des Baumes schließen. Der Zuwachs der Bastregion ist hingegen kein so regelmäßiger, höchstens dann, wenn die Bastfasern zonenweise entstehen. Jedenfalls kann an diesem Teil des Baumes das Alter nicht erkannt werden. Diese Verhältnisse des Holzstammes zeigen sich deutlich Fig. 35.

Wenn der Baum nun von Jahr zu Jahr dicker wird, so läßt sich denken, daß auch die Außenschicht eine Veränderung erfahren muß. Nun ist ja die Oberhaut aus verkorkten und daher elastischen Zellen gebildet, so daß sie einem von innen her auf sie ausgeübten Druck wohl im Anfang nachgeben kann; allein dies kann selbstredend nicht lange andauern, und endlich, wenn die Elastizitätsgrenze der Oberhaut überschritten ist, wird sie platzen. Da hierdurch aber dem Wasserstrom im Innern ein seitlicher Ausweg gestattet wäre, muß die Pflanze Vorbeugungsmaßregeln treffen.

Schon ehe jene Katastrophe in der Oberhaut eintritt,

bildet sich aus ihren eigenen oder aus unter ihr gelegenen Zellen eine Schicht teilungsfähigen Gewebes, das rings um den Stamm herum einen Mantel dicht aneinanderstehender Zellen bildet, die zwar meist ziemlich dünnwandig sind, aber doch wegen Verkorkung der Wände eine beträchtliche Dehnbarkeit aufweisen, aus demselben Grunde aber auch die Verdunstung des Wassers hindern. Soll nun dieser Ersatz der Oberhaut ein dauernder sein, so muß er sich fortwährend erneuern, und dies geschieht tatsächlich durch ein besonderes Kambium in der Rinde des Baumes, aus welchem sich fortwährend nach außen neue derartige Zellen bilden, in demselben Maße, wie die außen gelegenen sich abstoßen oder wegen des Dickenwachstums des Baumes sich ablösen. Die dadurch entstehenden, mehr oder weniger mächtigen Gewebeschichten führen den Namen Kork. Dieselben sind bei der Korkeiche so stark, daß man sie ablösen und verwerten kann, wobei ihre Elastizität und Undurchlässigkeit für Wasser besonders wertvoll sind (Flaschenkork).

Es ist schon gesagt worden, daß jenes sich nachträglich bildende Korkkambium in der Oberhaut selbst oder auch in tieferen Schichten der Rinde seinen Ursprung nehmen kann. Dies kann zu einer Bildung besonderer Art führen. Wenn nämlich der Kork in tieferen Schichten entsteht, so wird er nach außen Gewebemassen abschneiden, und diese müssen unbedingt absterben, weil der Kork die Wasserzufuhr zu jenen Schichten hindert; dies ist aber jederzeit gleichbedeutend mit Tod. Diese äußeren Gewebeschichten werden nun vertrocknen und sich allmählich samt dem äußeren Kork ablösen; man nennt sie dann Borke. Man unterscheidet zwei Hauptformen der Borke: Schuppen- und Ringelborke. Die erstere ist an Birnbäumen und Kiefern deutlich zu sehen; die sich hier ablösenden Schuppen entstehen dadurch, daß der Kork nur kleinere Partien der Rinde abschneidet. Die bei Kirsch-

bäumen und Birken bemerkenswerte Ringelborke hingegen erfordert eine rings um den Baum gehende, geschlossene Korkschicht, welche infolge des Dickenwachstums platzt und sich ablöst, um einer tiefer gelegenen Korkschicht Platz zu machen.

6. Die Auswurfstoffe.

Neben den angedeuteten Bauelementen des Pflanzenkörpers finden sich noch andere, deren Bedeutung keine sehr große ist: die sogenannten Auswurfstoffe, also Stoffe, welche von der Pflanze ausgeschieden sind, weil sie für ihren eigentlichen Aufbau keinen Wert mehr haben. Es sind das gewöhnlich Gummi- und Harzstoffe sowie ätherische Öle. Sie sind Nebenprodukte des Stoffwechsels, leisten aber trotzdem noch eine kleine Arbeit, ein Beweis, wie wunderbar und weise alles an der Pflanze ausgenutzt ist, und wie das eine so fein in das andere eingreift, daß nie und nimmer ein Zufall, sondern nur eine unendliche Weisheit es so hat ordnen können. Manche dieser Stoffe, die, besonders wenn sie an Laubblättern, Samen und Früchten auftreten, harzig sind und stark riechen, schützen diese Teile vor Tierfraß. Andere, wie besonders ätherische Öle, dienen gerade umgekehrt dazu, Tiere anzulocken, um sie zur Verbreitung der Samen und Früchte zu bewegen.

Diese oft großen Massen von Harz, welche aus den Wunden der Nadelhölzer hervorquellen, bewirken, daß die Wunden von der Luft abgeschlossen werden und unter diesem Schutz besser vernarben. Die Balsamstoffe, welche die Knospen, z. B. der Roßkastanie, bekleiden, schützen die jungen Blätter vor Tieren und vor zu weit gehender Wasserverdunstung. Die Klebstoffe am Stengel der Pechnelke fangen unliebsame Gäste vor ihrem Eintritt in die Blüte wie mit einer Leimrute ab.

Diese Stoffe finden sich in Behältern, die sowohl dem Haut- als auch dem Grund- und dem Stranggewebe angehören können. Wir rechnen hierher auch den Milchsaft, der aus einer wässerigen Flüssigkeit (oft mit Stärke und Zucker) und darin schwimmenden Gerinnungskörperchen besteht und auch Harze und Gummi enthält. Er findet sich in vielfach verzweigten Röhrensystemen; die Röhren sind, wie schon gesagt, entweder gegliedert (wie bei Schwarzwurz) oder ungegliedert (wie bei Wolfsmilch). Manche Harze, Gummistoffe und Gerbstoffe finden sich in Schläuchen, d. h. in sehr langen übereinanderliegenden, dünnwandigen Zellen, welche namentlich im Grundgewebe liegen. Oft kommt es vor, daß sich zwischen den Zellen Interzellularräume bilden, welche durch Auseinanderweichen der Zellen enstehen und Gummi und Harz in sich aufnehmen; dabei kann der Gang mit besonderen Zellen austapeziert sein, welche jene Auswurfstoffe absondern, oder sie zum Teil auch durch Umwandlung ihrer eigenen Zellwände erzeugen.

7. Das Leben der Gewebe.

Die verschiedenen Gewebe zeigen eine sehr weitgehende Arbeitsteilung: das eine dient der Ernährung, das andere der Leitung, das dritte der Speicherung. Dieses hält das Wasser in der Pflanze zurück und reguliert seine Verdunstung, jenes gibt ihr die nötige Festigkeit. So hat jedes seine Arbeit.

Daß auch ein Wachstum der Gewebe möglich ist, haben wir bei Erörterung des Dickenwachstums und des Korkkambiums gesehen: die eigentliche Neubildung aller Gewebe findet vom Vegetationskegel aus statt.

Natürlich ist das Leben der Gewebe abhängig vom Leben der Energiden seiner Zellen. Wie die Zelle ohne Energiden tot ist, so auch ein Gewebe ohne Energiden in

seinen Zellen. Aber auch die toten Gewebe haben oft noch ihren besonderen Zweck. Manche freilich, wie die Borke und oft auch das Mark, werden abgestoßen oder resorbiert, andere, wie das Kernholz der Bäume, erhöhen die Festigkeit und helfen den Baum aufrecht erhalten.

8. Der Bau von Blatt und Wurzel.

Während der Stengel (und auch die Wurzel, also die Achsenorgane) radiär d. h. strahlig gebaut ist, ist das Blatt bilateral, d. h. zweiseitig: es besitzt eine Rücken- und Bauchseite, ein Oben und Unten. Es ist in seiner vollendeten Gestalt flächenförmig und besteht der Hauptsache nach aus einem Grundgewebe, welches oben und unten von einer Oberhaut überzogen ist, die den früher beschriebenen Bau besitzt. In diesem Grundgewebe findet sich ein reiches Netz von Gefäßbündeln, welche hier den Namen Adern oder Nerven führen. Ersterer ist nicht gut und letzterer sehr schlecht; denn mit dem tierischen Begriff Ader haben diese Stränge wenig und mit den Nerven gar nichts zu tun. Es sind einfache Gefäßbündel, die einer Verdickung nicht fähig sind, wohl aber eine oft ausgiebige mechanische Verstärkung besitzen.

Die Hauptstränge sind besonders stark und dienen außer zur Leitung noch zur Aussteifung des Blattes, ähnlich wie die Drähte den Regenschirm aussteifen. Die feineren Stränge dienen dagegen nur zur Leitung; sie bilden daher ein sehr enges Netz, um den Stätten, aus denen Stoffe abgeleitet werden sollen, recht nahe zu sein. Diese finden sich in dem übrigen Blattgewebe. Dasselbe ist ein mehr oder weniger lockeres, Durchlüftung gestattendes Parenchym, das sich durch starken Gehalt an Blattgrün auszeichnet. Gewöhnlich lassen sich in diesem Grundgewebe zwei verschiedene Schichten unterscheiden: unter der Oberhaut der Oberseite liegen auf

ſie ſenkrecht geſtreckte Zellen (Paliſadenzellen); an dieſe ſchließen ſich, je mehreren entſprechend, hin und wieder trichterförmige Sammelzellen an, und an dieſe ein weite Interzellularräume bildendes lockeres Schwammparenchym, welches der unteren Oberhaut mit den Spaltöffnungen anliegt. Paliſadenzellen ſind in erſter Linie Aſſimilationszellen; ihre langgeſtreckte Form, ſenkrecht zur Blattoberfläche, geſtattet den Lichtſtrahlen möglichſt ungehinderten Zutritt, was für den Aſſimilationsvorgang wichtig iſt. Der Blattrand iſt meiſt noch beſonders feſt gebaut, um Einreißen durch Windſtoß uſw. zu verhüten. Es werden dabei dieſelben mechaniſchen Geſetze befolgt, wie ſie der Menſch im Laufe der Entwickelung der Technik mühſam für den Brückenbau entdeckte.

Daß dieſer nur in allgemeinen Umriſſen ſkizzierte Bau des Blattes auch wieder Spielraum für mannigfache Abweichungen läßt, liegt auf der Hand, iſt doch die außerordentliche Verſchiedenheit in der Ausbildung der äußeren Blattform ſtets mit anatomiſchen Beſonderheiten verknüpft.

Selbſtredend wird die Wurzel als Achſenorgan im anatomiſchen Bau dem Sproßſtamm näher ſtehen als das Blatt, allein ſie zeigt doch eine grundſätzliche Verſchiedenheit. Dieſe beruht darauf, daß der Gefäßbündelkörper wenigſtens bei dünneren Wurzeln ganz zentral in dem Grundgewebe liegt, ſo daß alſo kein Mark übrig bleibt; vor allem aber auch darauf, daß die Gefäß- und Siebröhrenteile nicht radial hintereinander, ſondern tangential nebeneinander liegen, ſo daß alſo zwei benachbarte Gefäßteile den Siebröhrenteil zwiſchen ſich nehmen. Dabei liegen auch die zuerſt entſtandenen engen und dickwandigen Gefäße nach außen, die weiteren nach innen. Die Anzahl dieſer primären Gefäßſtränge iſt für die Wurzel kennzeichnend. Die dritte Eigenart der Wurzel beſteht darin, daß dieſer Gefäßbündelzylinder von einer einfachen Schicht dünnwandiger Zellen,

dem Perikambium, umgeben ist und daß an diese sich nach außen eine oft aus starkwandigen Zellen gebildete Strangscheide anschließt, durch welche der axiale Zylinder nach außen wasserdicht abgeschlossen ist. Dieser ganze zentral gelegene Zylinder nun ist von einer oft mächtigen Rindenschicht umgeben; ganz nach außen endlich liegt eine Oberhaut, welche aber keine Spaltöffnungen enthält, da dieselben ja hier, in der Erde, unnötig sind.

Die Wurzeln können aber auch ein Dickenwachstum besitzen. Da Gefäß- und Siebröhrenteil hier anders als im Stamm liegen, muß es aber auch anders eingeleitet werden. Die vom Siebröhrenteil nach innen und vom Gefäßteil nach außen zu liegenden Zellen beginnen kambiale Teilungen. Dadurch entsteht ein wellenförmig verlaufendes Kambium, welches nach außen Bast, nach innen Holz erzeugt; allein dabei gleicht sich der Verlauf des Kambiums allmählich aus und wird mehr und mehr kreisförmig, so daß oft schließlich kaum ein Unterschied zwischen Stamm und Wurzel zu erkennen ist. Bei manchen kultivierten Wurzeln hingegen beruht die Verdickung nicht auf Holzbildung, sondern auf Vermehrung des Parenchyms, das eine mächtige Ausdehnung erfährt und zur Aufnahme einer außerordentlichen Menge von Zellsaft dient. Dies ist der Fall bei manchen Kohlarten, bei der Mohrrübe und Runkelrübe.

Fragen wir uns noch, was für ein Zweck durch die Verschiedenheit des anatomischen Baus von Stengel und Wurzel verfolgt wird, so finden wir ihn vor allem in der mechanischen Leistung beider. Es ist ein mechanisches Gesetz, daß man bei Vorrichtungen, welche Biegungsfestigkeit besitzen sollen, die mechanisch wirksamen Teile peripherisch anbringt, weil die Teile im Zentrum unwirksam, also unnötig sind; andererseits beansprucht eine Vorrichtung, die Zugfestigkeit besitzen soll, eine Zusammenziehung der mechanischen Elemente nach

innen, nach der Achſe zu. Nun muß der Stengel, der aufrecht ſteht, wie leicht einzuſehen iſt (z. T. wegen der Einwirkung des Windes), in erſter Linie biegungsfeſt gebaut ſein; daher bilden auch ſeine mechaniſch wirkſamen Zellen einen Hohlzylinder. Dagegen muß die im Erdboden ſich befeſtigende Wurzel zugfeſt gebaut ſein; daher beſitzt ſie einen axial gelegenen, mechaniſch kräftigen Zylinder. Ebenſo bedürfen oberirdiſche Achſen, die einem ſtarken Zug nach unten Widerſtand zu leiſten haben, einer zentripetalen (d. h. dem Mittelpunkt des Querſchnitts zuſtrebenden) Anordnung ihrer mechaniſchen Zellen; eine ſolche weiſen z. B. die Stiele abwärts gerichteter Früchte auf.

II. Die äußeren Organe der Pflanze.

1. Arbeitsleistung und Arbeitswerkzeug.

Erhaltung des eignen Lebens und Erhaltung der Art, das sind die beiden Hauptziele des Pflanzenlebens. Alle Arbeit, welche die Pflanze verrichtet, zielt auf das eine oder andere hin. Eine „Arbeit“ ist es tatsächlich, und die Leistungen der Pflanzen sind oft derart, daß sie die Arbeit manches Menschen beschämen.

In der harten Schale des Kirschkerns z. B. ruht ein kleiner Keimling, aus dem der Kirschbaum hervorgeht. Willst du ihn aus seinem freiwilligen Gefängnis befreien, so mußt du eine ganz besondere Gewalt anwenden. Deine schwachen Finger genügen nicht, um diese kleine Arbeit, einen Kirschkern zu öffnen, zu leisten, aber am Ende deine Zähne? — Du wirst dich vielleicht auch vergebens bemühen. Es bleibt dir nichts anderes übrig, als fremde Hilfe herbeizuholen und einen schweren Hammer zu schwingen. Dann bringst du diese Arbeit zustande.

Und nun der kleine schwache Keimling in dem Samen! Darf er es wagen, sich mit deinen stolzen Kräften zu messen? — Lege ihn in die Erde, laß Feuchtigkeit und Frühlingsluft auf ihn einwirken, und siehe da, mit Leichtigkeit sprengt er sein Gehäuse und tritt wie ein Held daraus hervor!

Da wird es wohl klar, daß hierbei eine Arbeit geleistet wird. Eine Arbeit, und zwar eine sehr bedeutungsvolle, ist es aber auch, wenn die Pflanze im Frühling ihre Blätter entfaltet, wenn sie Wasser durch die Wurzel aufzieht, Kohlensäure der Luft entnimmt, und wenn sie beides zu Zucker und Stärke verarbeitet.

Arbeit verlangt aber Werkzeuge, Organe. Wollen wir eine Arbeit verrichten oder auch nur verstehen, so müssen wir die Werkzeuge, welche zu ihrer Verrichtung nötig sind, kennen und verstehen. Wir werden daher nun einen Blick auf die äußeren Organe der Pflanze werfen, dabei aber stets auf das Leben der Pflanze zurückgehen und den Anteil erforschen, den die verschiedenen Organe an der Gesamtlebenstätigkeit der Pflanze haben. Mit andern Worten: wir werden nach dem Zweck der Organe forschen, denn nur im Licht des Lebens selbst läßt sich ein Werkzeug des Lebens verstehen.

Einem Irrtum ist hier aber von vornherein zu begegnen. Des Naturforschers Hauptinteresse liegt darin, die Kausalität, d. h. Ursächlichkeit der Naturerscheinungen, aufzudecken; er wird also auch nach der Ursache fragen, derzufolge die Pflanzenorgane gerade diese ihnen eigentümliche Ausbildung erlangt haben. Diese Frage ist eine ganz andere als die nach dem Zweck eines Organs. Wenn wir also z. B. auch wissen, daß der Kork den Zweck hat, die Wasserverdunstung aus dem älteren Pflanzenstamm zu verhindern, so ist damit doch nicht die Ursache der Korkbildung erklärt. Darüber müssen wir uns stets klar bleiben, zumal da man sich gar zu gern mit der teleologischen (zwecksetzenden) Erklärungsweise begnügt und oft genug glaubt, damit eine ursächliche, kausale Erklärung geliefert zu haben. Andererseits möchte es aber auch nötig sein hervorzuheben, daß die kausale Erklärung nie die teleologische ersetzen oder unnötig machen kann; beide müssen sich ergänzen.

Die Organe der Pflanze nach deren Lebensaufgaben einzuteilen, wie wir es bei den Tieren tun können, geht nicht gut an, und zwar deshalb, weil die Organe der Pflanze nicht wie die des Tieres einen einheitlichen Charakter haben, sondern vielmehr als die des Tieres zu gleicher Zeit mehreren Zwecken dienen; man müßte sie demnach vom physiologischen Gesichts-

punkt aus mehrmals behandeln. Wir wählen daher zur Einteilung lieber einen rein morphologischen Gesichtspunkt.

Ein gutes Einteilungsprinzip wäre es, wenn man die Achsenorgane den Anhangsorganen gegenüberstellte; gebräuchlicher ist es aber, Wurzel und Sproß zu unterscheiden; diese Einteilung wollen auch wir wählen. Der Sproß selbst kann vegetativ sein, d. h. der Ernährung dienen, oder sexuell, d. h. der Fortpflanzung dienen. An dem Sproß unterscheidet man als wichtigste Anhangsgebilde die Blätter, so daß man auch wohl von Wurzel, Sproßachse und Blatt als den drei Hauptorganen reden kann.

Wir haben schon darauf hingewiesen, daß die Abgrenzung der Organe in bezug auf ihr Arbeitsfeld keine scharfe ist, was sich auch darin offenbart, daß ein Organ imstande ist, das eigene Arbeitsfeld unter Umständen vollständig zu verlassen und anderen Zwecken zu dienen. Es sind dann immer bestimmte äußere Verhältnisse, welche mitwirken. Jedenfalls aber können wir für jedes Organ eine den normalen Verhältnissen entsprechende Form auffinden, von der wir passenderweise ausgehen und die wir als die typische (ständige) Form bezeichnen wollen. Hat das Organ aber, durch irgendwelche äußere Verhältnisse veranlaßt, seine eigentliche Arbeit aufgegeben, um eine andere zu leisten, so wollen wir eine derartige Form metamorphosiert (umgestaltet) nennen. Bei derartigen metamorphosierten Organen hat jedoch nicht etwa ein Rückgang der Lebenstätigkeit stattgefunden. Liegt aber ein solcher vor, so spricht man von reduzierten (verkümmerten) Formen. Endlich ist noch darauf hinzuweisen, daß die Pflanzen eine aufsteigende Leiter der Vollkommenheit aufweisen und daß dabei naturgemäß auch die Organe einen niedrigeren und höheren Grad der Vollkommenheit erkennen lassen.

In seiner typischen Form besitzt das Blatt eine flache Spreite (und einen Stiel) mit einem grünen Blattgewebe und zahlreichen Gefäßbündelsträngen; ein derartiges Blatt dient der

Ernährung und Wasserverdunstung. Es können aber Umstände eintreten, denen zufolge diese Aufgabe zurücktritt, ohne daß die Lebenssphäre der Pflanze selbst sich erniedrigt; dann können die Blätter ganz oder teilweise andere Arbeiten übernehmen; so können zu Ranken metamorphosierte Blätter dazu beitragen, einen schwachen Stamm aufrecht zu halten. Als ein Niedergang des Lebens wird es aber betrachtet, wenn die Pflanze den Stand ihrer köstlichen Freiheit, der ihr die selbständige Ernährung mittelst Wasser und Kohlensäure erlaubt, verläßt, sich sklavisch anderen Wesen beigesellt und von deren Arbeitsertrag zehrt, d. h. wenn sie zum Schmarotzer wird; denn die Schmarotzer gewöhnen sich mehr und mehr an ein dolce far niente, und dies ist stets in der Natur mit einem Rückgang der gesamten Organisation verbunden. Derartige Schmarotzerpflanzen verlieren das anderen Pflanzen so kostbare Blattgrün, und ihre Blätter schrumpfen mehr oder weniger zu kleinen Schuppen zusammen, denen man den stolzen Namen Blatt füglich nicht mehr geben kann. Das ist dann eine reduzierte Form. Endlich ist das Blatt einer niedrigeren Pflanze noch gar einfach gebaut, weil es seinem genügsamen Besitzer nur kleine, einfache Dienste zu leisten hat, wie z. B. beim Moos, wo es oft aus nur einer einfachen Zellfläche besteht.

Aus alledem geht nun hervor, daß es oft mit Schwierigkeiten verbunden sein wird, aus der fertigen Gestalt eines Organs seine wahre Bedeutung abzulesen. Da bietet sich nun ein gutes Hilfsmittel in der entwicklungsgeschichtlichen Methode dar. Wie die Pflanze sich aus kleinem Anfang entwickelt, so auch jedes Organ an ihr. Verfolgt man nun die Entwicklung eines fraglichen Organs, so erhält man oft bemerkenswerte Aufschlüsse, die das fertige Organ verweigert. Da somit die Entwicklungsgeschichte zum Verständnis der Gestaltkunde (Morphologie) außerordentlich viel beiträgt, so wollen wir diese durch ein allgemeines Bild der Entwicklungsgeschichte einleiten.

2. Die Entwicklung der Pflanzenorgane.

Die ganze Pflanze, und wäre es auch der mächtigste Eichbaum, entsteht aus einer einzigen kleinen Zelle. Durch vielfache Teilungen geht aus dieser Zelle ein Zellkörper hervor und aus ihm durch Hervorwachsen bestimmter Partien die Anlage der ersten Organe, die sich dann ihrerseits auf ähnliche Weise durch fortdauernde Teilung ihrer Zellen und dadurch bewirktes Wachstum weiterhin ausbilden und nach und nach die ihnen eigene Form erhalten. Bei der Entfaltung eines derartigen Organs ist dann gewöhnlich nur noch eine Streckung und Ausdehnung dessen, was vorhanden ist, nötig, um es zu vollenden. Im Prinzip ist es nicht nur bei der ersten Anlage eines jungen Pflänzleins so, sondern auch bei der Entstehung neuer Pflanzteile an der schon erwachsenen Pflanze. Ihr Bildungsort ist unter normalen Verhältnissen entweder der Gipfel der Pflanze und ihrer Seitenäste oder der Winkel des Blattes. Sie führen im allgemeinen den Namen „Knospe", besonders aber dann, wenn bei einer Unterbrechung der Vegetationsperiode das Leben sich hierhin gewissermaßen zum Schlummer zurückzieht, um beim Beginn der neuen Periode von hier aus wieder zu erwachen. Andererseits wächst auch die Pflanze an ihrem Gipfel mehr oder weniger andauernd fort, und zwar sowohl am Sproß als auch an der Wurzel.

Der äußerste Gipfel der Knospe, der sogenannte Vegetationskegel (Fig. 20), ist eine gewölbte Kuppe von zarten, teilungsfähigen Zellen (Meristem), in welchen das geheimnisvolle Leben wie sonst an wenig Stellen des Pflanzenkörpers pulsiert. Hier entstehen die neuen Seitenorgane der Achse, also in erster Linie die Blätter als kleine Zellhöcker, Hervorwölbungen, die mehr und mehr Kapuzenform annehmen und dadurch den Vegetationskegel schützend umgeben. Je mehr man sich von dem Gipfel der Knospe entfernt, um so weiter

ist die Ausbildung der Blätter vorgeschritten. Die ältesten dienen, durch mannigfache anderweitige Vorkehrungen unterstützt, schon wirksam zum Schutz der Knospe; daß diese, die ja die Hoffnung der ganzen Pflanze darstellt, eines Schutzes bedarf, liegt auf der Hand.

Das in der Erde fortwachsende Achsenende, also die Spitze der Wurzel, bietet ein wesentlich anderes Bild. Die Wurzelspitze bedarf nämlich eines ganz besonderen Schutzes, um nicht verletzt zu werden, wenn sie zwischen den Erdteilchen hindurchwachsend ihren Weg durch den Boden sucht. Die eigentliche Vegetationsspitze ist daher hier, wie der Finger vom Fingerhut, von einer Kappe, der sogenannten Wurzelhaube, umgeben, deren Zellen sich ebenfalls von dem Vegetationskegel aus erneuern. Der zweite wesentliche Unterschied besteht darin, daß sich an der Wurzel die Seitenorgane nicht durch Hervorwölben oberflächlich gelegener Zellen und Zellenmassen bilden. Es gibt ja natürlich auch Seitenwurzeln, allein diese entstehen stets nicht oberflächlich, sondern im Innern an der Außenseite des Gefäßbündelzylinders; sie müssen also die mehr oder weniger mächtige Rinde der Wurzel erst durchbrechen.

3. Die Wurzel.

Wir betrachten als Wurzel dasjenige Organ oder System von Organen, welches in die Unterlage (für gewöhnlich der Erdboden) hineinwächst und nicht nur die übrige Pflanze darin festhält, sondern auch aus ihr den einen Teil der Nahrung, nämlich Wasser mit darin gelösten Nährsalzen, zieht.

Schon der Same besitzt ein „Würzelchen", d. h. ein kleines Zäpfchen, das bei der Keimung zur Wurzel auswächst. Es hat das sonderbare Bestreben, der Richtung der Schwerkraft folgend, senkrecht nach unten zu wachsen. Bald beginnt es Seitenwurzeln zu treiben, die ihrerseits dasselbe tun, freilich in mehr schiefer Richtung, so daß allgemach ein reiches Netz

von Wurzeln den Erdboden durchzieht. Selbstverständlich geschieht dies nach dem Bedürfnis der Pflanze: je größer und schwerer diese wird, desto größer ist die Arbeit, welche die Wurzel leisten muß, um die Pflanze, z. B. dem Zug des Windes entgegen, im Boden festzuhalten. Bei Pflanzen mit verholzendem oberirdischen Sproß findet gewöhnlich auch eine Verholzung der unterirdischen Teile der stärksten Wurzeln statt. Die Aufgabe derartiger Wurzeln besteht natürlich lediglich im Festhalten der Pflanze im Boden und im Leiten des Wassers.

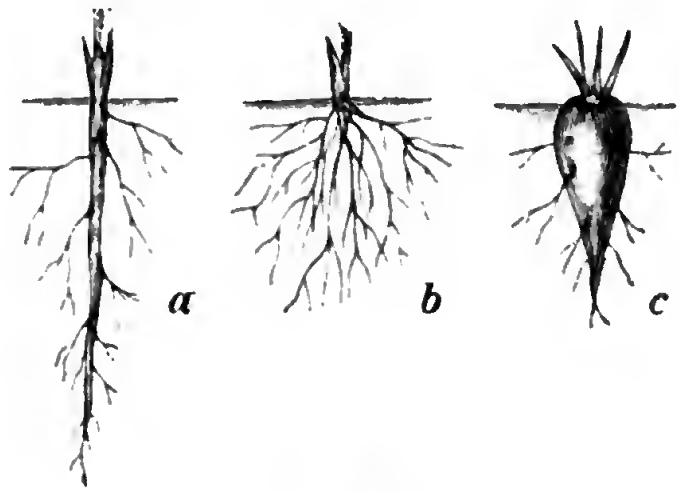

Fig. 36.
Wurzelformen.
a Pfahlwurzel, b Faserwurzel, c Rübenwurzel.

Manche Pflanzen erreichen diesen Zweck, indem sie eine kräftige Hauptwurzel, die man dann Pfahlwurzel (Fig. 36, a) nennt, ohne bemerkenswerte Nebenwurzeln, tief in die Erde senden (z. B. die Möhre und andere Doldenpflanzen). Andere hingegen bilden ihre Hauptwurzel weniger stark aus und senden statt dessen von ihr aus allseitig kräftige Nebenwurzeln aus, durch welche sie festgehalten werden, ähnlich wie die Taue den Mast festhalten. Wird die Hauptwurzel sehr stark, so spricht man von rübenförmiger Wurzel (z. B. kultivierte Möhre, Fig. 36, c).

Es ist aber gar nicht selten, daß das Würzelchen des Samens sein Wachstum sehr bald einstellt; dann fehlt von vornherein eine Hauptwurzel, und an deren Stelle wachsen am Wurzelende büschelförmig Nebenwurzeln hervor, die nun die Arbeit der Hauptwurzel übernehmen. Man spricht in diesem Fall von Faserwurzeln (Fig. 36, b), z. B. bei den Gräsern.

Eine zweite Aufgabe der Wurzeln ist die, das Wasser aus dem Boden aufzusaugen. Zu dem Zweck besitzen sie Saughaare, d. h. lange, einzellige Schläuche, Ausstülpungen der Wurzelepidermis, welche in den Boden eindringen und mit den Bodenteilchen geradezu verwachsen, um die Feuchtigkeit des Bodens wirksamer aufsaugen zu können. Junge Wurzeln sind daher wie mit einem Pelz von Erde bedeckt, die an den Wurzelhaaren hängt. Diese Wurzelsaughaare stehen aber nicht überall an den Wurzeln, sondern nur in einer bestimmten Region hinter der fortwachsenden Spitze. In dem Maße, als die Wurzelspitze weiterwächst, wachsen an ihr auch neue Wurzelhaare hervor und sterben die älteren von hinten her ab. Dadurch werden die wasseraufsaugenden Teile der Wurzeln immer weiter in die Erde hineingeschoben, kommen an immer neue Stellen des Bodens und können denselben besser ausnutzen. Die Menge der Blätter entspricht derjenigen der Wurzelhaare; denn je mehr die Laubblätter Wasser verdunsten, um so mehr muß wieder für Wasseraufnahme gesorgt werden. Ferner muß eine der aufgenommenen Kohlensäure entsprechende Menge von Wasser aufgenommen werden, damit beide für die Ernährung verwendet werden können.

Das Gesagte steht im engen Zusammenhang mit jener Eigenschaft der Wurzeln, welche man als Geotropismus, Streben nach der Erde hin, bezeichnet. Die Hauptwurzel hat nämlich das Bestreben, senkrecht in die Erde zu wachsen,

ein Bestreben, das die Wurzel eben befähigt, in ihre Unterlage einzudringen, und das man auf verschiedene Reizwirkungen zurückzuführen hat. Die Schwerkraft zieht die Wurzel nach unten, das Licht treibt sie von sich fort, und obendrein zieht Feuchtigkeit sie an. Etwas anders wirken diese Reize auf die Seitenwurzeln, insofern diese nicht senkrecht, sondern unter einem Winkel von der Hauptwurzel ab wachsen.

Die Metamorphose, welche die typische Wurzel erfahren kann, ist keine sehr weitgehende. Es läßt sich denken, daß sie dann besonders eintreten wird, wenn die Umgebung der Wurzel eine veränderte ist. Es gibt an vielen Pflanzen Luftwurzeln, welche zunächst den Zweck haben, die Pflanze zu stützen, sei es dadurch, daß sie sich der Unterlage eng anschmiegen und sich an ihr festsaugen (Efeu), oder daß sie von größerer Höhe zum Erdboden herabwachsen und, wenn sie diesen erreicht haben, als Stützen dienen (Pandanen, Mangrovebaum). Andere Luftwurzeln wachsen, entgegen der Sitte ihrer Schwestern, statt in die Erde aus ihr heraus in die Luft hinein. Sie dienen als Atmungsorgane, welche für die Pflanzen Luft schöpfen. Auch dieses merkwürdige Verhalten findet man an einigen Pflanzen der Mangrovevegetation.

Bei manchen Palmen sind die Seitenwurzeln zu Schutzorganen geworden, indem sie sich in Dornen umwandelten.

Am merkwürdigsten ist es aber doch, daß es Pflanzen gibt, bei denen die Wurzeln geradezu die Arbeit der Blätter übernehmen, indem sie bandförmig glatt sind, reichlich Blattgrün enthalten und dementsprechend die eigentliche Ernährung besorgen.

Wasserpflanzen zeigen oft eine starke Metamorphose der Wurzel. Das ganze Wurzelsystem kann ja hier naturgemäß vereinfacht sein; ja manchmal ist es auf nur eine einzige Wurzel beschränkt, wie bei der allbekannten Teichlinse. Bei einer Pflanze, Jussiena, wandelt sich ein Teil der Wurzeln

in Schwimmorgane um, indem sie ein schwammiges, an Luft reiches Gewebe aufweisen, das die Pflanze leichter macht und im Wasser emporhebt.

Die reduzierten Wurzeln der Schmarotzer haben zwar dieselbe Doppelaufgabe wie diejenigen der selbständigen Pflanzen, allein sie weisen doch eine gänzlich veränderte Form auf, weil sie diese Aufgabe auf einer ganz anders gearteten Unterlage zu erledigen haben. Es sind gewöhnlich kurze, senkerförmige Fortsätze, welche in den Körper des Wirts eindringen, die Pflanze hier festhalten und gleichzeitig die Säfte des Wirts aufsaugen, wie man das z. B. deutlich an der überall vorkommenden Mistel sieht, wenn man das Stück, welches der Wirtpflanze aufsitzt, genauer untersucht. Bei andern Schmarotzern geht die Reduktion noch weiter, ja schließlich ist die ganze Wurzel nur eine Saugscheibe. Man nennt derartige Saugorgane Haustorien.

Die niedrigeren Pflanzen haben auch einfachere Wurzeln, gewöhnlich Wurzelhaare, die der Oberhaut des Vegetationskörpers unmittelbar entspringen, die aber nach Zweck und Arbeit ganz den Wurzeln der höheren Pflanzen entsprechen (so die Moose und Flechten). Es kann übrigens, wie bei Schimmelpilzen, vorkommen, daß hierbei die reiche Verzweigung des Wurzelsystems höherer Pflanzen von einer einzelnen Zelle geradezu nachgeahmt wird.

4. Die Sproßachse (Stengel, Stamm).

Wir verstehen unter Sproß denjenigen Teil der Pflanze, welcher sich über die Unterlage erhebt und Blätter und Blüten trägt. Es ist angebracht, die Achse, die Blätter und Blüten für sich gesondert zu betrachten.

Die Aufgabe der typischen Achse prägt sich namentlich im inneren Bau derselben aus. Als Träger anderer Organe hat sie das Bestreben, sich und jene Anhangsorgane aufrecht

zu halten, muß also unbedingt den mechanischen Gesetzen der Säulenfestigkeit und der Biegungsfestigkeit entsprechend gebaut sein (s. auch oben).

a) Baumechanik der Achse.

Das Prinzip eines Baumeisters ist bekanntlich, mit möglichst wenig Material möglichst viel zu erreichen. Bei ihrem Aufbau verfährt die Pflanze ebenso. Die Zellen, welche zur Herstellung des mechanischen Baugerüstes benutzt werden, sind die Bastfasern, die Holzfasern und das Kollenchym. Um in der Bautechnik einen Tragebalken biegungsfest zu machen, wird er an der Peripherie mit starken „Gurtungen" versehen; alles andere hat als Füllung mechanisch wenig Bedeutung. Den aus Gurtungen und Füllung gebildeten Balken nennt man einen Träger. Solche Träger finden wir nun auch in der Sproßachse der Pflanzen, und da die Pflanze doch allseitig biegungsfest sein soll, müssen die Träger der Sproßachse auch allseitig, d. h. im Kreis, verteilt sein. Je zwei durch einen Querschnittsdurchmesser verbundene Gurtungen, d. h. Bastfaserbündel, stellen einen Träger dar. Die Füllungen werden von den anderen Teilen der Gefäßbündel und von dem Grundgewebe gebildet. So bilden z. B. in Fig. 30 je zwei gegenüberliegende Bündel einen Träger. In manchen Fällen erfahren dann derartige einfache im Kreis gestellte Träger noch Verstärkungen durch mechanische Elemente, seien es Bündel von isolierten Bastfasern oder von Kollenchym. In einem andern Fall schließen sich die einfachen Träger seitlich zu einer zylindrischen Röhre zusammen, an die sich dann die Leitbündel innen oder außen anlegen. Auch hier können Verstärkungen eintreten, die oft die zylindrische Baströhre direkt mit der Epidermis verbinden.

Ein dritter Haupttypus entsteht, wenn die einzelnen Gefäßbündel für sich (nicht zwei sich auf einem Durchmesser

gegenüberliegende Bündel) Träger darstellen, indem sie auf beiden Seiten Gurtungen besitzen; es kommt das besonders bei den Monokotylen vor. Oft finden sich dabei mehrere Kreise von konzentrischen Trägern. Zuweilen erfahren sie eine besondere Verstärkung durch eine zylindrische Röhre.

Hüten wir uns indes, lediglich den besprochenen Bauverhältnissen mechanische Bedeutung zuzusprechen. Wenn man einer sonst aufrechtstehenden krautigen Pflanze die Oberhaut abzieht, so verliert sie bedeutend an Biegungsfestigkeit, und wenn man sie unverletzt aus dem Boden nimmt und auch nur kurze Zeit an der Luft liegen läßt, so wird sie, wie man sagt, welk, d. h. nichts anderes als: sie verliert ihre Biegungsfestigkeit und erschlafft in ihren Geweben. Daraus geht unzweifelhaft hervor, daß die Biegungsfestigkeit das Produkt mehrerer Faktoren ist: es kommt zu der inneren Baumechanik der Sproßachse noch hinzu die Spannung, welche von der elastischen Oberhaut ausgeübt wird, und die Spannung der mit Wasser gefüllten Zellen (Turgor).

Im vorstehenden ist jedoch nur der einen Aufgabe gedacht, welche die Sproßachse zu erfüllen hat, nämlich die Pflanze aufrecht zu erhalten. Daneben soll sie auch für die Zuleitung der Nährstoffe und die Ableitung der Baustoffe Leitungsbahnen herstellen. Wir wissen schon, daß hierfür widerum die Gefäßbündel von besonderer Bedeutung sind, weshalb man ihnen auch den passenden, wenn auch etwas einseitigen Namen Leitbündel erteilt hat. Es ist ja schon darauf hingewiesen worden, daß dieselben allerhand Zellen und Röhren enthalten, welche wässerige und eiweißartige Stoffe leiten.

b) Ausbildung der Achse nach der Lebensdauer.

Die Sproßachse hat in der ersten Lebenszeit der jungen Pflanze stets einen krautigen Charakter. Bei kurzlebigen

Arten behält sie diesen auch stets bei, ebensooft bei solchen, welche mit ihren oberirdischen Teilen bei Abschluß der Vegetationsperiode absterben. Bei solchen Pflanzen hingegen, welche eine längere Lebensdauer haben, nimmt die Achse, um den Winter überstehen zu können, eine holzige Beschaffenheit an, die wiederum mit den obenberührten anatomischen Veränderungen zusammenhängt und sich äußerlich in Kork- und Borkenbildungen offenbart.

Man ist gewohnt, nach der mit der Lebensdauer zusammenhängenden Beschaffenheit der Sproßachsen die Pflanzen als Kräuter, Stauden und Holzpflanzen zu bezeichnen. Die Kräuter sind einjährig, wenn sie ihr Leben in einer Vegetationsperiode abspielen, zweijährig, wenn ein Teil des Sprosses samt den Wurzeln den Winter überdauert und im nächsten Jahr erst das Leben beschließt. Unter Stauden versteht man hingegen mehrjährige Pflanzen, welche mit unterirdischen Organen überwintern, ihre oberirdischen, krautigen Teile jedoch im Winter abwerfen. Bleiben die oberirdischen Teile auch während des Winters, so sind sie gewöhnlich holzig, und man nennt die Pflanzen dann Holzpflanzen. Behalten sie ihr Laub jahraus jahrein, so sind sie immergrün; verlieren sie es im Herbst, so heißen sie sommergrün (laubwechselnd).

c) Gliederung und Verzweigung der Achse.

Die Sproßachse trägt die Blätter, an deren Ansatzstellen sie mehr oder weniger zu einem Knoten verdickt ist. Von ihm aus zweigen in die Blätter gewisse Gefäßbündel ab, um dieselben mit den Hauptleitungsbahnen der Achse in Verbindung zu setzen. Durch diese Knoten wird die Sproßachse in einzelne Abschnitte geteilt, die man Internodien nennt. Die Blattachsel ist, abgesehen von der fortwachsenden Endknospe, der Ort der Neubildung am Sproß. Hier in der Blattachsel

entstehen Knospen und aus ihnen Seitenachsen höherer Ordnung, wodurch die Verzweigung eingeleitet wird.

Die normalen Seitensprosse sind stets an die Achsel eines Blattes gebunden. Es gibt aber auch sog. Adventivsprosse, welche überall an der Pflanze auftreten können. So entstehen z. B. am Stamm der Pappeln und Weiden derartige Adventivsprosse, wenn sie der Krone beraubt sind, das in dem Stamm noch vorhandene Übermaß von Kraft treibt dieselben gewissermaßen zur Erneuerung; da aber der Ort ihrer gesetzmäßigen Entstehung, d. h. die Blattachsel, nicht mehr vorhanden ist, so suchen sie einen Weg, wo sie ihn finden. Oft entstehen solche Adventivsprosse übrigens aus sog. schlafenden Knospen (s. unten). Auch die Blattstecklinge der Begonien sind nichts andres als derartige Adventivsprosse. Bemerkenswert sind auch die sogenannten „reparativen Wurzelsprosse", welche beim Löwenzahn, Gänsefingerkraut u. a. an den Wurzeln entstehen, wenn die oberirdischen Teile gewaltsam zerstört worden sind.

Die Verzweigungsverhältnisse sind äußerst mannigfach; wir können hier demnach nur allgemeine Richtlinien der dabei wirksamen Gesetze aufstellen. Es handelt sich dabei um das Verhältnis der Ausbildung von Haupt- und Nebenachsen. In dieser Beziehung kann zunächst eine grundsätzliche Verschiedenheit darin beruhen, daß die Hauptachse entweder an ihrem Ende ihr Wachstum einstellt, so daß Nebenachsen an ihre Stelle treten, oder daß sie weiter wächst und die Nebenachsen hinter ihr im Wachstum zurückbleiben. Im ersten Falle ist die Verzweigung eine Dichotomie (Gabelung), im zweiten ein Monopodium. Das Monopodium nennt man racemös, wenn die Nebensprosse in ihrer Entwicklung stets hinter ihrem jedesmaligen Hauptsproß zurückbleiben, so daß dieser sofort erkenntlich ist; dagegen heißt es cymös, wenn die Nebensprosse ihre Hauptsprosse, sowohl was Entwicklung als Verzweigung anbelangt, bald überholen.

Die Verzweigungsverhältniſſe treten mit beſonderer Deutlichkeit und Mannigfaltigkeit in den Achſen der Blütenregion, d. h. in den ſog. Blütenſtänden, auf (Fig. 37). Racemöſe Verzweigungen ſind hier wieder entweder ährenartig, wenn die Seitenachſen, ohne ſich zu verzweigen, ſofort Blüten tragen, oder riſpenartig, wenn die Seitenachſen ſich weiter verzweigen. Wenn bei der ährenartigen Verzweigung die Hauptachſe verlängert iſt und die Blüten ohne Stiel ſitzen, ſo

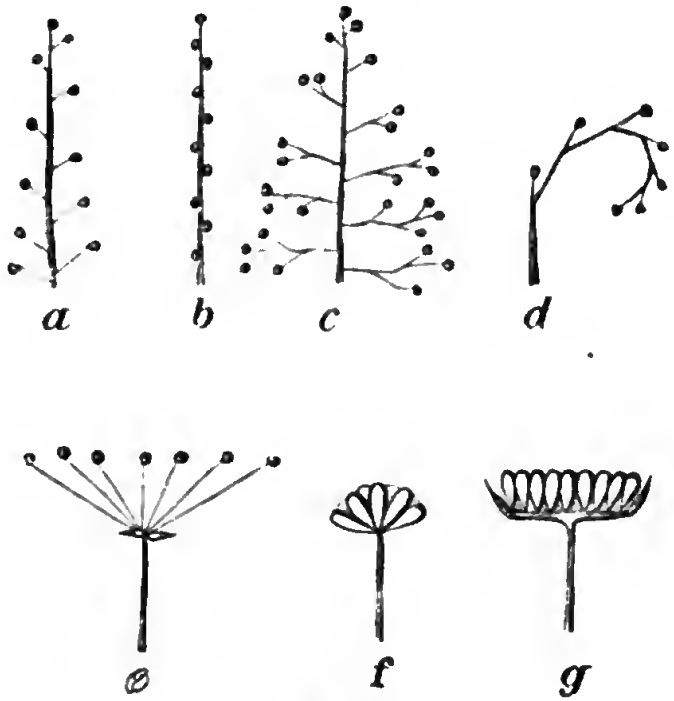

Fig. 37.
Schemata der Blütenſtände.
a Traube, b Ähre, c Riſpe, d Schraubel, e Dolde,
f Köpfchen, g Körbchen.

ſpricht man von einer Ähre (Wegerich); ſind die Blüten langgeſtielt, ſo iſt es eine Traube (Reſeda). Sind bei ährenartiger Verzweigung und kurzer Hauptachſe die Blüten ungeſtielt, ſo iſt der Blütenſtand ein Köpfchen (Klee) oder Körbchen (Kamille), dagegen eine Dolde (Schierling), wenn er unter denſelben Verhältniſſen langgeſtielte Blüten beſitzt. Auch die riſpenartige Verzweigung läßt mancherlei Abänderungen zu.

Bei der cymösen Verzweigung der Blütenstandachsen richtet sich die Verschiedenheit nach der Zahl der unter der Endblüte, die den Hauptsproß darstellt, entstehenden Seitenblüten. Ist es nur eine, so entsteht eine Scheinachse; wenn sich die Seitensprosse nur nach einer Seite entwickeln, so nennt man den Blütenstand Schraubel (Vergißmeinnicht); wenn sie sich abwechselnd nach zwei Seiten entwickeln, so ist der Blütenstand ein Wickel (Johanniskraut). Wenn mehrere gleichartige Seitensprosse vorhanden sind, so kann man von einer Scheinachse nicht reden; sind diese Seitensprosse nach Zahl und Länge unbestimmt, so ist es eine Spirre (Binse); sind dagegen die an Zahl geringen Seitensprosse gleich lang, so ist es eine cymöse Dolde (Wolfsmilch); sind es endlich nur zwei, so ist es ein Dichasium (Nelke).

d) Der Knospenstamm.

Der jugendliche Sproß des Keimpflänzchens hat eine sehr verkürzte Achse, welche einerseits direkt in das Würzelchen übergeht, andererseits zwei besondere Blätter, die Keimblätter, und zwischen diesen ein kleines Knöspchen trägt, die sogenannte Plumula. Diese erste Sproßachse der Pflanze heißt das hypokotyle Stengelglied. Durch seine Streckung wird die junge Keimpflanze aus der Samenhülle herausgeschoben und das erste Blattpaar dem Licht entgegengetragen. Dieser Vorgang, die Keimung, zeigt mannigfache Verschiedenheiten.

Die andere Jugendform der Sprosse, nämlich der Seitenachsen, ist die Knospe. Auch sie ist eine stark verkürzte Achse, aber es sitzen an ihr zahlreiche Blätter, welche, je weiter nach innen, desto unausgebildeter und mannigfach gefaltet sind. Nach außen wird dies ganze Gebilde von besonderen Blättern umhüllt, deren wir später noch gedenken werden. Die Knospen

sind Organe, welche die Pflanze nach einer Unterbrechung der Vegetation, wie sie in Wüsten und Steppen durch Trockenheit und bei uns durch Kälte hervorgerufen wird, erneuern sollen, und daher auch eine Eigentümlichkeit der betreffenden Klimate.

Es sei hier noch zweier anderer Knospenarten gedacht, nämlich der Brutknospen mancher Pflanzen, welche sich von dem Mutterspross loslösen und eine neue Pflanze bilden, und ferner der sog. schlafenden Knospen. Dieselben entstehen wie andere normale Knospen in den Achseln der Blätter; allein sie verschwinden, indem sie nicht zur Entwicklung kommen und von der Rinde des Baumes überwallt werden. Sie behalten aber doch noch als eine verborgene Reserve ihre Entwicklungsfähigkeit, und wenn einmal die Krone des betreffenden Baumes fortgenommen wird, so daß der Baum alle seine normal angelegten Knospen verliert, so brechen sie, die Schläfer, aus der Verborgenheit hervor und suchen noch einmal die Existenz des Baumes zu retten. Es liegt auf der Hand, daß diese aus „schlafenden Knospen" hervorgegangenen Sprosse oft mit Adventivsprossen verwechselt werden können.

5. Das Blatt.

a) Die Teile des Blattes.

Das Blatt ist das wesentlichste Organ der Sproßachse, da es als wichtiges Ernährungsorgan zur Erhaltung des Individuums dient, was nun doch einmal bei dem berechtigten Egoismus in der Natur die Hauptsache ist. Das Blatt hat seiner Bedeutung als Ernährungsorgan zufolge einen hierauf eingerichteten anatomischen Bau, dessen wir oben schon zur Genüge gedachten. Äußerlich zeigt es drei Hauptteile: den Blattgrund, d. h. den Teil, mit welchem es an der Sproßachse sitzt, den Blattstiel und die Spreite (Fig. 38). Zu

dem Blattgrund gehören die sogenannten Nebenblattbildungen, d. h. gesonderte, blattartige Bildungen, die neben dem Blattstiel auftreten. Wenn der ganze Blattgrund eine den Stengel umfassende Erweiterung erfährt, so nennt man dies eine Scheide; sie dient zum Schutz der Knospen oder, wie bei den Gräsern, zum Schutz und Aufrechterhalten eines schwachen Stengels. Mehr blattartige Gebilde des Blattgrundes heißen Nebenblätter (stipulae). Sie können, wie beim Stiefmütterchen und bei der Erbse, eine größere Ausdehnung gewinnen, ja sogar die fehlende Blattspreite wirksam vertreten; andererseits können sie zum Schutz der Knospe dienen und daher nach deren Entfaltung abfallen, oder endlich können sie überhaupt ganz fehlen.

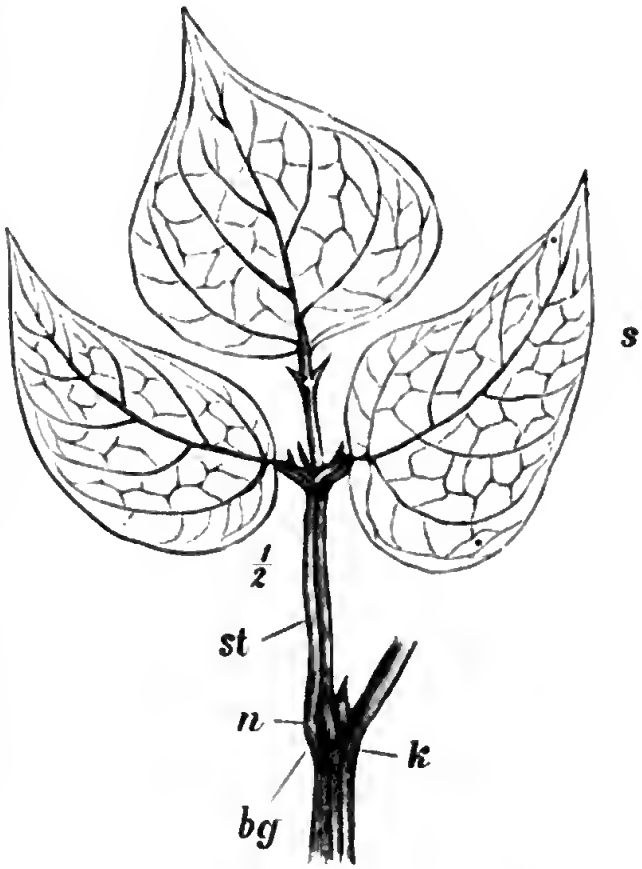

Fig. 38.
Phaseolus multiflorus, Bohne, Blatt, ½.
s Spreite (dreiteilig), st Blattstiel, bg Blattgrund, n Nebenblätter, k Knoten der Achse.

Der Blattstiel soll das Blatt tragen und es in die günstige Lage, d. h. in Licht und Luft befördern; seine Ausbildung hängt daher ganz besonders von den Umständen ab. Er ist kurz, wenn die Blätter auch ohne ihn Licht und Luft genug bekommen, lang, wenn die Pflanze in einem dichten Gewirr von ihresgleichen und anderen Bürgern des Pflanzenstaates lebt, so daß jedes Blatt sich anstrengen muß, damit es

zu seinem Rechte kommt. Er kann einen verschiedenartigen Querschnitt besitzen. Hat er auf der Oberseite eine Furche, so ist dies gewissermaßen die Dachrinne, welche den Regen von der Blattfläche aus zum Stengel und an diesem hinunter zur Erde leitet. Vorkehrungen am Stengel wie Rinnen, Haarleisten, flügelartige Vorsprünge und Leisten unterstützen diese Arbeit des Blattstiels.

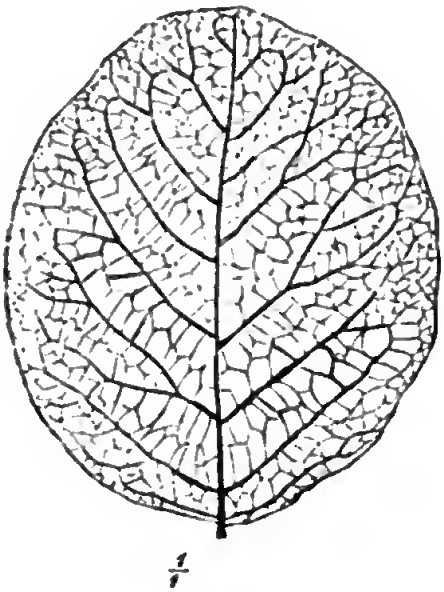

Fig. 39.
Blatt von Symphoricarpus racemosus, Schneebeere.

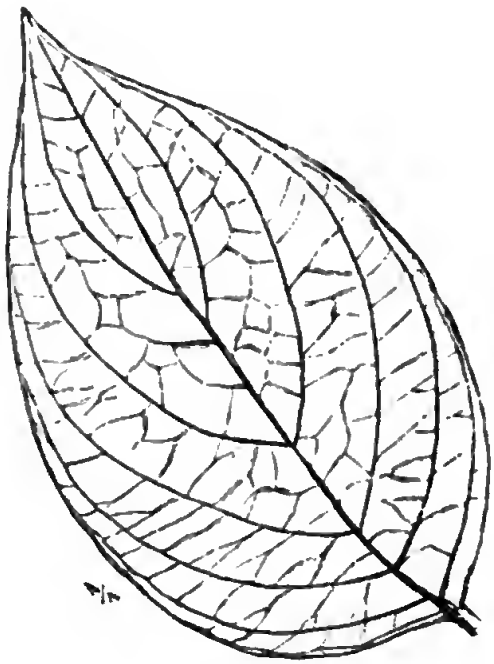

Fig. 40.
Blatt von Viburnum spec., Schneeball.

Die Blattfläche oder Spreite (lamina) besteht aus einem grünen Flächengewebe, das von einem reichen Netz von Gefäßbündeln durchzogen ist (s. unten). Die Blattform ist einer großen Mannigfaltigkeit unterworfen. Da sprechen wir von runden (Fig. 39), eiförmigen (Fig. 44), elliptischen (Fig. 40), herzförmigen (Fig. 45), nierenförmigen, pfeil- und spießförmigen, dreieckigen (Fig. 41), lanzettlichen (Fig. 42) und linealen Blättern. Vollständig einfach und ungeteilt ist die Blattfläche selten, sie zeigt zum wenigsten einige Einschnitte

am Rand. Sind hierbei Zähne und Einschnitte spitz, so heißt der Rand gesägt (Rose) (Fig. 48 und 45); sind die Zähne spitz, die Einschnitte abgerundet, so ist das Blatt gezähnt (Löwenzahn, siehe auch Fig. 47); gekerbt (Gundelrebe, auch Fig. 44) nennt man es, wenn die Zähne abgerundet, die Einschnitte dagegen spitz sind; buchtig endlich, wenn beide abgerundet sind (Eiche). Gehen die Einschnitte tiefer, so wird das sonst ganze Blatt lappig (Fig. 46) oder spaltig (Fig. 47) geteilt genannt,

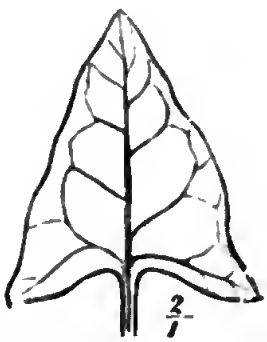

Fig. 41. Blatt von Atriplex latifolia.

Fig. 42. Blatt von Nereum Oleander.

Fig. 43. Blatt von Convallaria majalis, Maiblume.

je nachdem die Teilung geringer oder größer ist. Entweder gehen dann die Teile von einer Stelle aus, wie die Finger von der Hand: fingerförmige Teilung (Fig. 47; die hier dargestellte Art der Teilung wird speziell fußförmig genannt): oder die Teile liegen seitlich an einer Hauptspindel, so wie die Fasern der Feder an ihrer Spule sitzen: federförmige Teilung.

Gehen die Einschnitte nun noch weiter, so daß sie selbständige Abschnitte bilden, so heißt das Blatt zusammengesetzt,

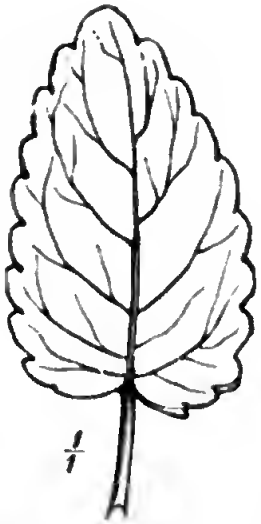

Fig. 44.
Blatt von Mercurialis annua, Bingelkraut.

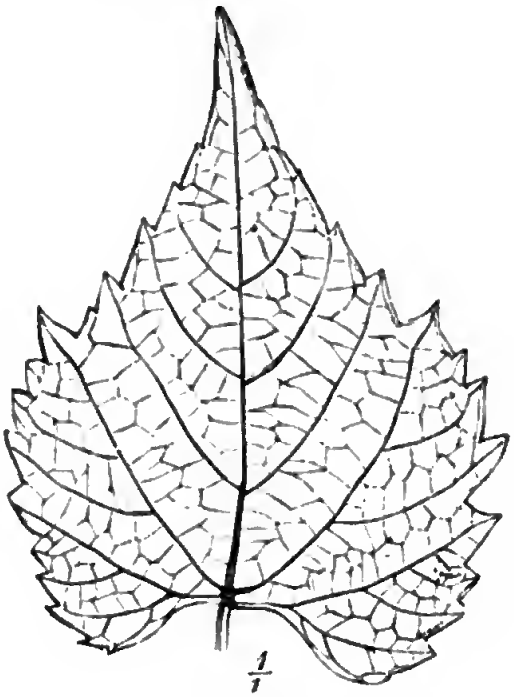

Fig. 45.
Blatt von Vitis vulpina, Fuchswein.

wobei man wieder das gefingerte Blatt von dem gefiederten (Fig. 47 und 48) unterscheidet. Die Zusammensetzung kann sich mehrfach wiederholen (doppelt-, dreifach- usw. gefiederte Blätter).

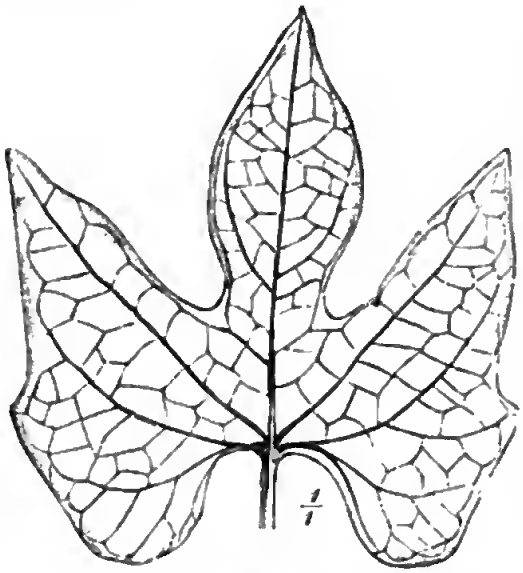

Fig. 46.
Blatt von Mina lobata.

Man könnte nach dem Zweck dieser Verschiedenheit in der Blattbildung fragen. Wir sind uns aber darüber noch nicht klar genug. Ein einfaches Blatt ist, zumal wenn es sonst nicht genügend dagegen geschützt ist, dem Zerreißen durch allerhand mechanische Einflüsse, wie Wind, Hagel und Regen, stark ausgesetzt. Man wäre fast versucht, bei einem zusammengesetzten Blatt zu sagen: die

Natur habe hier das Zerreißen gesetzmäßig selbst besorgt, um dem unregelmäßigen Zerreißen durch äußere Einflüsse vorzubeugen.

b) Die Nervatur des Blattes

verfolgt einen doppelten Zweck. Sie stellt einmal die für das Blatt nötigen Leitungsbahnen her, und ferner bildet sie ein festes Gerüst, welches die Blattfläche ausgebreitet dem Licht entgegenhält. Dem zweiten Zweck dienen vornehmlich die stärkeren Stränge; zwischen denselben findet sich aber ein äußerst feines Netz dünner Adern, die man oft erst bei durchscheinendem Licht sieht und die das Ernährungsgewebe derartig durchziehen, daß von ihm aus die Baustoffe allseitig auf dem kürzesten Weg in die Hauptverkehrswege des Pflanzenkörpers gelangen können.

Die Anordnung der Adern ist wiederum ein Gebiet von außerordentlicher Mannigfaltigkeit. Ihre Haupttypen entsprechen denen der Blatteilung. Richtiger wäre freilich, es umgekehrt zu sagen; denn offenbar richtet sich die Blatt-

Fig. 47.
Blatt von Cyclanthera pedata.

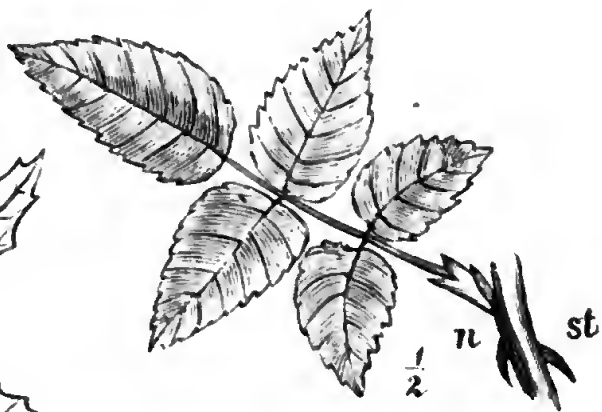

Fig. 48.
Blatt von Rosa canina.
st Stengel, n Nebenblätter.

teilung nach der Nervatur. Das Blatt hat entweder einen (Schneebeere Fig. 39) oder mehrere Hauptstränge (Maiblume Fig. 43). Durchzieht ein Hauptstrang das Blatt und zweigen sich von ihm die Seitenstränge ab, so ist das Blatt fiedernervig (Fig. 39—45); sondern sich dagegen die Seitenstränge sogleich an der Spreitenbasis vom Hauptstrang ab, so daß sie von vornherein ziemlich gesondert bleiben, so ist das Blatt strahlen- oder handnervig (Fig. 46 und 47). Für den ersten Fall bietet das Blatt des Schneeballs, für den zweiten der Ahorn ein deutliches Beispiel. Bei beiden Typen sind wieder nach dem Verlauf der Seitenstränge vier Formen bemerkenswert; gehen diese Stränge am Blattrand in ein Netz feiner Adern über, so nennt man die Nervatur netzläufig (Schneebeere Fig. 39); enden sie dagegen in den Zähnen oder Einschnitten des Randes, so ist sie randläufig (Wein Fig. 45): wenden sie sich in einem Bogen zur Spitze hin, bogenläufig (Schneeball Fig. 40); legen sie sich an die folgende Ader an, so daß eine Schlinge entsteht, schlingenläufig (Kirsche, Melde Fig. 41).

Mehrere Hauptstränge finden sich besonders im Blatt der Monokotyledonen, wie z. B. der Gräser, Lilien und Maiblumen (Fig. 43), aber auch bei manchen Dikotyledonen, wie beim Wegerich. Nach dem Verlauf der Adern unterscheidet man leichtverständlich spitz-, krumm- und parallelläufige Nervatur.

Eine Untersuchung und Darstellung der Nervatur gehört zu jenen Gebieten, die sich für den Laien besonders eignen und ihm viel Befriedigung gewähren. Abgesehen von dem einfachen Pressen der Blätter sei die Darstellung des Adernetzes in schwach mazerierten Blättern (man läßt sie eine Zeitlang im Wasser liegen und trocknet sie dann ab) durch Ausklopfen mittelst einer Bürste, die photographische Darstellung und der Naturselbstdruck erwähnt. Bei der photographischen

Darstellung legt man das Blatt auf das bekannte lichtempfindliche Papier, spannt beide in einen Kopierrahmen und setzt denselben der Sonne aus, bis das Bild des Blattes etwas dunkler als gewünscht hervortritt; sodann wird das Papier in einem sogenannten Tonfixierbad fixiert und getont, endlich ausgewaschen und getrocknet. Das Naturdruckverfahren besteht darin, daß man das Blatt mit seiner Unterseite auf fein verriebene Ölfarbe legt und dann als Klischee auf weißem Papier zum Drucken benutzt.

Die Bedeutung der Nervatur für die wissenschaftliche Botanik leuchtet vor allem ein, wenn man bedenkt, daß die Verteilung der Gefäßbündel im Blatt eine ganz auffallende Beständigkeit zeigt, so daß man also aus den Abdrücken der Blätter aus früheren Zeitaltern der Erdgeschichte auf die systematische Stellung der betreffenden Pflanzen schließen kann.

c) Die Stellung der Blätter an der Sproßachse

ist entweder eine spiralige oder eine bilaterale (zweiseitige). Im ersten Fall erhalten wir, wenn wir die Ansatzstellen der Blätter verbinden, eine um die Achse fortlaufende Spirallinie, im zweiten Fall stehen die Blätter derartig, daß man an der Achse eine Rücken- und Bauchseite unterscheiden kann. Diese beiden Formen finden wir übrigens auch sonst im Aufbau der lebenden Wesen. Die Blüte der Seerose ist spiralig gebaut, jedes Blatt ist bilateral; denn es hat eine Rücken- und Bauchseite (Ober- und Unterseite), sowie eine rechte und linke Seite. Bilaterale Anordnung der Blätter an der Achse tritt besonders an Pflanzen auf, die mit ihrer Achse auf der Unterlage hinkriechen. Die spiralige Anordnung der Blätter hat zur Aufstellung eines mehr oder weniger feststehenden Gesetzes geführt (Schimper und Braun). Die seitliche Entfernung zweier aufeinanderfolgender Blätter (d. h. eigentlich ihre Horizontalprojektion), die sogenannte Divergenz, ist ein

Bruchteil des Umfangs der Achse, und zwar ihrem Wert nach konstant; daher stehen die Blätter am Stengel in Reihen übereinander (in sogenannten Orthostichen). Auch ist die Zahl der Blätter, welche zwischen zwei in derselben Höhe aufeinanderfolgenden Blättern stehen, eine bestimmte. Man bestreitet jedoch heute die absolute Geltung derartiger Gesetze. Mag dem sein, wie ihm wolle, jedenfalls hat auch die Blattstellung wieder ihre ganz bestimmten Zwecke. Durch die gesetzmäßige Anordnung der Blätter wird bewirkt, daß keines dem anderen im Wege steht, daß vielmehr jedes sein Bedürfnis nach Luft und Licht befriedigen kann. Beachtet man die Blattanordnung an einem Baum oder Strauch, so merkt man, daß sich tatsächlich die Blätter nicht gegenseitig hindern, daß sich das Licht auf alle Teile der Pflanze gleichmäßig verteilt.

d) Die Metamorphosenstufen des Blattes.

Wenn wir die Reihenfolge der Blattbildungen überblicken, welche sich sowohl im Leben der einzelnen Pflanze, als auch an der fertigen Pflanze, von unten nach oben betrachtet, vorfinden, so sehen wir eine Stufenfolge von Blattbildungen, nämlich:

1. Keimblätter. 2. Niederblätter. 3. Laubblätter. 4. Hochblätter. 5. Blütenblätter.

Wir haben schon gesehen, daß sich an den jungen Keimpflänzchen einige Blätter befinden, die man Keimlappen oder Kotyledonen nennt. Entweder finden sie sich in der Einzahl (Monokotyledonen) oder in der Zweizahl (Dikotyledonen), selten in noch größerer Zahl (Nadelhölzer). Sie sind entweder dick und fleischig (Bohne) oder dünn, blattartig (Buche). Entweder bleiben sie, wenn der Keimling seine Hülle verläßt und aus der Erde hervortritt, in der Erde zurück (Erbse), oder sie erheben sich auch über dieselbe empor (Bohne). Sie haben gewöhnlich eine vom Laubblatt ab-

weichende Form (z. B. fehlt faſt ſtets der Stiel), können ſich ihm aber auch nähern. Ihre Bedeutung iſt eine ebenſo einfache wie großartige.

Das zarte Keimpflänzchen iſt gleich dem jungen Vogel (Neſthocker) ein gar hilfloſes Weſen; es beſitzt noch keine grünen Blätter und iſt daher nicht imſtande, ſich ſelbſt zu ernähren. Da gibt ihm nun die Mutterpflanze etwas mit, was ihm in der erſten Zeit als Nahrung dienen kann, bis ſeine kleinen Laubblättchen hinreichend erſtarkt ſind, um ſich ſelbſtändig zu ernähren. Das ſind die dicken, fleiſchigen Samenlappen, die in ihrem Zellengewebe reichlich Stärkemehl enthalten, von dem die junge Pflanze zehren kann; daher ſind derartige Samen, wie Bohne und Erbſe, auch für den Menſchen wichtige Nahrungsmittel. Sind die Samenlappen mehr blattartig, ſo gehen ſie aus der Erde hervor, ergrünen und arbeiten nun ſchon, bis die eigentlichen Laubblätter an ihre Stelle treten (Buche). Bei anderen Pflanzen enthält der Same ein beſonderes Nährgewebe (Sameneiweiß). Die Rolle der Samenlappen iſt dann oft eine ganz veränderte, indem ſie als Organe dienen, mit denen das Stärkemehl uſw. aufgefangt wird (Gräſer und Palmen).

Die Niederblätter ſind entweder Blattgebilde, welche an unterirdiſchen Sproßachſen ſitzen (von ihnen wird weiter unten die Rede ſein), oder ſie leiten oberirdiſch einen neuen Sproß ein, d. h. ſie dienen der Knoſpe als Schutz und haben dann die Form einfacher Schuppen. Nichtsdeſtoweniger iſt ihr grundſätzlicher Zuſammenhang mit den gewöhnlichen Laubblättern ein ganz deutlicher, wie man aus der Entwicklungsgeſchichte erkennt. Die Blattanlage, das ſogenannte Primordialblatt, beſteht nämlich aus Blattgrund und Oberblatt; aus jenem entſtehen die Blattgrund-(Nebenblatt-)Bildungen, aus dieſem die Blattſpreite und, wenn vorhanden, der Blattſtiel. Die Anlage der Niederblätter iſt nun derjenigen des Laub-

blattes ganz gleich; die spätere Verschiedenheit beruht nur darauf, daß das Oberblatt sich nicht weiter entwickelt und nur der Blattgrund sich ausbildet, was dann aber auch nicht über die Bildung schuppenartiger Blätter hinausgeht. Die Niederblätter sind daher nichts anderes als in ihrer Entwicklung gehemmte Blätter typischer Art. Daß dies tatsächlich der Fall ist, geht daraus hervor, daß man oft an der Spitze der ausgebildeten Niederblätter kleine, reduzierte Blattspreiten findet, welche man unter Umständen sogar zur Weiterentwicklung zwingen kann.

Die Laubblätter sind oben schon gekennzeichnet. Hier sei nur noch hinzugefügt, daß die Ausbildung derselben an der Pflanze von unten nach oben eine verschiedenartige sein kann. Nicht immer haben die ersten Blätter nach den Keimblättern die für jede Pflanzenart kennzeichnende Form, z. B. Pflanzen mit zusammengesetzten Blättern. Dieselben sind dann gewöhnlich zuerst einfach und erreichen erst allmählich jene typische Gestalt (Primärblätter). Es ist dies der einfachste Fall der sogenannten Heterophyllie (Wechsel der Blattform). Der Fieberbaum (Eukalyptus) trägt in seiner ersten Lebensperiode an vierkantigen Zweigen sich gegenüberstehende ovale Blätter, welche sich senkrecht zu den Sonnenstrahlen stellen; in einer späteren Lebensperiode besitzt er dagegen rundliche Zweige, an denen sichelförmige Blätter einzeln und senkrecht stehen. — Besonders Wasserpflanzen zeigen Heterophyllie. So besitzt z. B. der Wasserhahnenfuß untergetauchte Blätter, die fein zerteilt sind, und Schwimmblätter, die mit ihrer wenig gelappten Blattfläche auf der Oberfläche des Wassers liegen.

Die Laubblätter nehmen oft nach obenhin in Bezug auf Größe und sonstige Ausbildung ab und gehen in die Hochblätter über. Es sind dies den Niederblättern ähnliche Blattbildungen, welche gleich diesen in der Entwicklung ge-

hemmt sind. Sie finden sich als kleine, unscheinbare, schuppenförmige Blätter in der Blütenregion (Fig. 61), und ihr Zweck ist dann schwer einzusehen. Oft dagegen zeigen sie auch eine eigenartige Ausbildung, sind groß und bunt gefärbt und unterstützen die Arbeit der Blüte.

Den Gipfel des Sprosses und den Abschluß der Blattbildungen stellt die Blüte dar; dieselbe ist eine Vereinigung von Blattorganen, welche ihrer ganz besonderen Bedeutung halber besonders behandelt werden müssen.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, daß die Blattgestalt von unten nach oben eine Änderung erfährt, was mit dem Ausdruck Metamorphose bezeichnet wird. Das Wort ist hier natürlich in anderem Sinne als bei den Tieren, z. B. den Amphibien oder den Insekten, zu verstehen; denn es ist hier nicht wie dort ein und dasselbe Gebilde, welches eine Umwandlung erfährt.

6. Die Verschiedenheit der Sproßformen.

Der Charakter des Sprosses hängt wesentlich von der Blattgestalt ab. Daher wollen wir die verschiedenen Sproßformen jetzt besprechen, nachdem wir Achse und Anhangsgebilde kennen gelernt haben.

a) Normale Sproßformen.

Der normale Sproß hat einen „negativen" Geotropismus, welcher dem der Wurzel entgegengesetzt ist, d. h. er wächst nicht senkrecht in die Erde, sondern senkrecht aus ihr heraus. Dieses Streben, welches wiederum den Zweck hat, die Blätter und Blüten dem Licht und der Luft entgegenzutragen, wird unterstützt durch den mechanisch wirksamen Bau der Achse. Allein derselbe ist nicht immer derart, daß er zur Aufrechterhaltung des Sprosses genügt. In diesem Fall muß der Sproß entweder andere Stützen suchen, was wir noch er-

örtern werden, oder er verzichtet auf die senkrechte Erhebung in die Luft. Das hängt natürlich auch wieder von der Beschaffenheit der Umgebung ab; denn wenn die Pflanze in dem dichten Gewirr der Heckenflora oder im Waldgestrüpp auf die senkrechte Stellung verzichten wollte, so wäre dies gleichbedeutend mit Untergang und Tod, weil ihr dann andre Pflanzen so viel Licht und Luft entziehen würden, daß für sie nicht genug übrig bliebe. Ist dagegen die Umgebung frei von höher gewachsenen Pflanzen, so daß Licht und Luft ungehinderten Zutritt haben, so hat die Pflanze gar nicht das Bedürfnis aufrecht zu stehen. Daher sehen wir denn auch auf freien Sandplätzen, auf Wegen und an anderen Orten eine Menge kleiner Pflänzchen gedeihen, welche sich dem Boden eng anschmiegen und sich dabei offenbar ganz wohl fühlen. Es ist bemerkenswert, daß dieselbe Pflanzenart ihr Verhalten demgemäß ändern kann (ein Beispiel dafür siehe unten).

Derartige kriechende Sprosse können aber noch eine besondere Bedeutung erlangen. Es gibt nämlich Pflanzen, welche von ihrem Hauptkörper aus seitlich Sprosse mit langen dünnen Achsen treiben. Dieselben kriechen weit über den Boden hin und unterscheiden sich von dem Hauptsproß zunächst auch dadurch, daß sie nur kleine, schuppenförmige Blättchen, d. h. also Niederblätter tragen. Allein bald entwickelt sich aus der vorgeschobenen Endknospe eine junge Pflanze mit normalen Blättern; sie treibt Wurzeln und wird endlich selbständig. Man nennt derartige Sprosse **Ausläufer** (Gundelrebe, Fig. 49), und man sieht ein, daß diese der Vermehrung dienen, weshalb sie zu den „Vermehrungssprossen“ gehören. Es ist dabei aber besonders bemerkenswert, daß die junge Pflanze durch die dünne, lange Sproßachse von der Mutterpflanze weit fortgeschoben wird, so daß sie in ein neues Erdreich kommt, wo sie einander gegenseitig

nicht hindern. Die Pflanze besitzt dergestalt gewissermaßen ein Wanderungsvermögen, das für sie sehr vorteilhaft sein muß. Man beobachtet dieses Verhalten vielfach bei Pflanzen, die ihre Samen nicht recht zur Reife bringen, sowie bei Hecken-, Schutt- und Mauerpflanzen. Letztere suchen durch Vorstrecken der Ausläufer für ihre Tochterpflanzen über die Steine hin in dem zwischen denselben angehäuften Erdreich geeigneten Platz zur Weiterentwicklung. Als Beispiele für

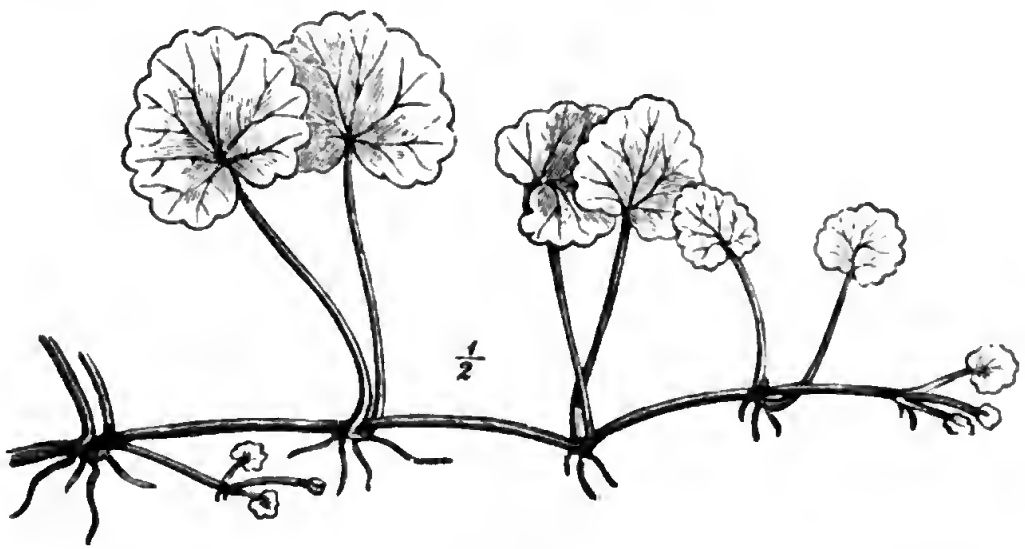

Fig. 49.
Glechoma hederacea, Gundelrebe,
Ausläufer, der sich an den Knoten bewurzelt; 1/2.

derartige Pflanzen seien genannt: kriechendes Fingerkraut und Habichtskraut, Erdbeere, auch kriechender Günsel u. a. m. Ähnliche, aber unterirdisch fortwandernde Vermehrungssprosse besitzen ebenfalls viele Pflanzen, z. B. Gräser, Riedgräser und Schachtelhalme.

Eine besonders wichtige Sproßform ist der Wurzelstock oder das Rhizom (Maiglöckchen). Man versteht darunter einen Sproß, der ebenfalls seinen Geotropismus eingebüßt hat (bezw. einen Geotropismus hat, der ihn zwingt, wagerecht zu wachsen), überhaupt nicht mehr Licht und Luft aufsucht, sondern wagerecht unter der Erde hinkriecht. Der

Wurzelstock gehört zu den Überwinterungsorganen derjenigen Pflanzen, welche ihre oberirdischen Teile im Herbst abwerfen. Er ist grau, weiß oder braun und besitzt bleich gefärbte Niederblätter. Will er im Frühjahr die Pflanze erneuern, so muß er selbstredend auch Knospen besitzen, da die Vermehrung stets von diesen ausgeht; und da der junge, aus der Knospe sich entwickelnde Sproß zunächst zur eigenen selbständigen Ernährung nicht befähigt ist, so muß das Rhizom auch Reservestoffe enthalten, durch welche es die jungen Triebe ernährt. Indem das Rhizom an seinem Ende weiterwächst und hier neue Triebe bildet, bringt es diese, ebenso wie der Ausläufer seine Knospe, in immer neue Gebiete des mütterlichen Erdbodens, so daß die Pflanze auch stets eine genügende Menge von Nährsalzen vorfindet.

b) Metamorphosierte Sproßformen.

Bei vielen Sprossen ist eine derartige Veränderung in Bau und Zweck eingetreten, daß wir sie zu den metamorphosierten rechnen müssen.

Zu den Überwinterungsorganen der Stauden gehören noch zwei andere Sproßformen, nämlich Knolle und Zwiebel. Beide müssen drei bestimmte Eigenschaften haben: sie müssen so gebaut sein, daß sie die Frostzeit überdauern können; sie müssen ferner Knospen zur Erneuerung der Pflanze und endlich Reservestoffe zu deren Ernährung besitzen. Was den ersten Punkt anbelangt, so sind diese Organe allerdings manchmal gerade recht empfindlich gegen Frost; dafür liegen sie ja aber in der Erde und werden durch diese und den darüber gelagerten wohltätigen Schnee geschützt. Die Reservestoffe bestehen vor allem in Stärkemehl, das sich in einem ausgedehnten parenchymatischen Zellgewebe vorfindet, welches auf Kosten des Stranggewebes entstanden ist. Auch an Wasser sind diese Organe reich.

Sind die beiden Sproßformen Zwiebel und Knolle demnach biologisch ganz gleichwertig, so liegt ihre Verschiedenheit in der morphologischen Ausbildung. Bei der Knolle ist nämlich die Achse sehr stark ausgebildet, während die Blätter reduziert sind, und bei der Zwiebel ist umgekehrt die Achse verkürzt, während die Blätter stark ausgebildet sind. Als typische, allbekannte Knolle sei die Kartoffel angeführt. Sie stellt unregelmäßige rundliche Massen dar, welche aus einem weißen Fleisch, dem stärke- und wasserhaltigen Parenchymgewebe, und einer braunen Rinde bestehen. Die Kartoffelknolle zeigt kleine grubige Vertiefungen, über denselben kleine Schuppen und in ihnen kleine Knospen, die man Augen nennt. Die Schuppen sind die Blätter; sie sowie die Knospen sind ein Beweis für die Sproßnatur der Knolle. — Als Beispiel einer Zwiebel gedenken wir der Küchenzwiebel. Dieselbe besteht aus einer verbreiterten, aber sehr gekürzten Achse, dem sogenannten Zwiebelkuchen, an dem sich die Blätter finden; diese sind in großer Zahl vorhanden und nach innen zu stark verdickt. Die äußeren sind mehr haut- und schalenförmig. Man hat diese Zwiebelblätter gerade so wie die Schuppen der Knolle als Niederblätter zu betrachten.

Eine Erscheinung, welche auf eine ganz besondere Art der Sproßmetamorphose führt, ist die sogenannte Sukkulenz. Wenn Pflanzen in Gegenden leben, welche fortwährend oder zeitweilig sehr trocken sind, so müssen sie Vorrichtungen besitzen, welche sie vor dem Vertrocknen schützen. Die Gefahr des Vertrocknens liegt nun nicht nur im Mangel an Wasser, sondern auch in einer zu starken Wasserabgabe. Gegen den Mangel an Wasser schützt sich die Pflanze durch Herrichtung von Wasserspeichern, welche aus einem bedeutenden, großzelligen Parenchymgewebe (Wassergewebe) bestehen. Es hat dies nämlich eine starke Verdickung der betreffenden Organe zur Folge, und das ist es, was man mit Sukkulenz be-

zeichnet. Die Organe der Wasserabgabe sind die Blätter. Wollen sich die Pflanzen vor dem Vertrocknen schützen, so müssen sie also ihre Blattbildung reduzieren, d. h. die Oberfläche ihrer Blätter verkleinern oder wenigstens ihre Blätter mit wenig Spaltöffnungen versehen. Es gibt auch viele Pflanzen, welche ihre Blätter reduzieren, ohne für Wasserspeicher zu sorgen, so z. B. der Spargel, bei dem die Blätter kleine Schuppen sind, während die nadelartigen Organe Zweiglein darstellen (Fig. 50).

Fig. 50.
Asparagus officinalis Spargel. Zweigstück. b Blätter (schuppig), z Zweige in den Blattachseln; natürliche Größe.

Die Wasserspeicher sind entweder Achsenteile oder Blätter. Darnach erhalten diese sukkulenten (verdickten) Sprosse ein ganz verschiedenes Aussehen: entweder ist die Achse stark verdickt, dann sind die Blätter verkümmert, was schließlich zum völligen Verschwinden führen kann; oder die Blätter sind stark verdickt, dann ist die Achse gewöhnlich verkümmert.

Zu dem ersten Typus von Sukkulenz gehören die sonderbaren Gestalten der amerikanischen Wüsten- und Steppenflora aus der Familie der Kakteen (Fig. 51).

Die Ausbildung der Sproßachse bei den Kakteen ist eine außerordentlich mannigfaltige; hier stellen sie hohe Säulen und Kandelaber dar, dort dicke tonnenartige Gebilde, hier platte, kugelige, dort mit vielen Warzen übersäte Massen. Dabei sind sie sehr oft mit Stacheln gespickt, die häufig eine beträchtliche Größe erreichen und dem Beschauer als drohende Wehr entgegenstarren. Das sind sie auch tatsächlich, und die Pflanze hat sie sehr nötig; denn da sie in Wüsten und Steppen wächst und in ihrem Gewebe eine reiche Quelle

von Wasser birgt, so wäre sie oft den Angriffen durstiger Tiere aus ihrer Umgebung ausgesetzt, wenn diese nicht die Stacheln scheuten. Bemerkt sei noch, daß diese verdickten Sproßachsen fast immer grün sind und daher in beschränktem Maße die Ernährungstätigkeit der geschwundenen Blätter übernehmen.

Dies führt uns auf eine weitere Form der Sproßmetamorphose. Sind die Blätter reduziert, so kann die Pflanze damit oft des Guten doch zuviel getan haben, indem sie sich nun nicht genügend ernähren kann. Es wird ihr dann auf die sonderbare Weise geholfen, daß die Sproßachse selbst nicht nur Tätigkeit, sondern auch Form des Blattes annimmt. So finden wir bei manchen Kakteen, z. B. bei dem Feigenkaktus, auseinander hervorwachsende blattartige Sprosse, welche man also nicht etwa als Blätter anzusehen hat, wie gewöhnlich geschieht.

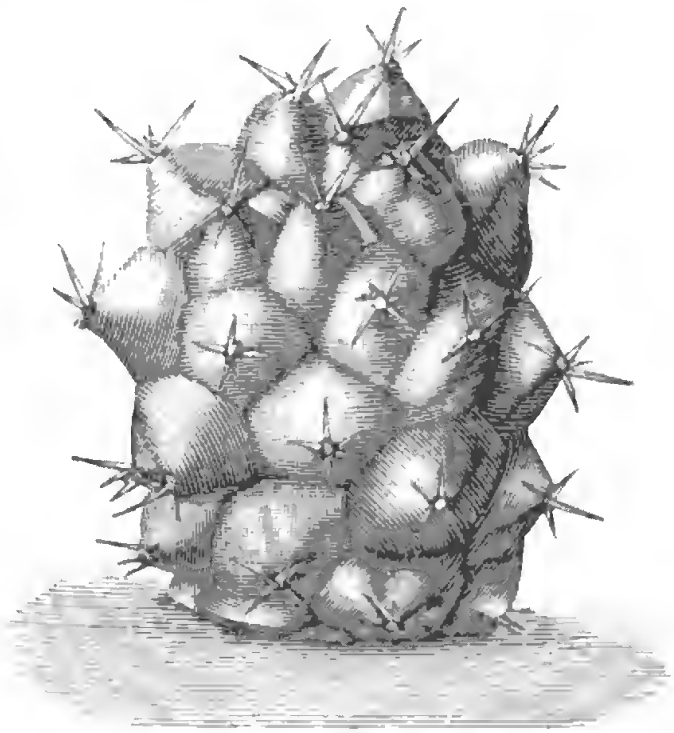

Fig. 51.
Mammilaria centricirrha, Kakteensproß mit verdickter Achse und reduzierten Blättern; natürliche Größe.

Man nennt derartige blattartige Sprosse Kladodien. Pflanzen mit solchen finden sich auch in unseren Breiten auf sandigen, trockenen Standorten. So gibt es z. B. Ginsterarten, bei denen die Blätter zurückgehen und der Stengel eine

blattartige Verbreiterung erfährt. Dahin gehört auch die kleine Wasserlinse, die weite Flächen unserer stehenden Gewässer mit ihrem hoffnungsvollen Grün bedeckt. Ihr ganzer Sproß besteht aus einem blattähnlichen Gebilde und wird auch gewöhnlich als Blatt angesehen, ist es aber durchaus nicht; es sind vielmehr einzelne oder auseinander hervorsprossende Kladodien.

Bei der zweiten Form der Sukkulenz sind die Blätter stärker ausgebildet und zu Wasserspeichern geworden. Wir haben bei uns auch einige wenige Formen dieser Art aus der Familie der Krassulaceen oder Dickblätter: die Fetthenne, den Mauerpfeffer und den Hauslauch. Hierbei ist gewöhnlich die Sproßachse nicht verkürzt wie bei den Agaven Amerikas, welche in der wehrhaften Ausbildung von Spitze und Rand des Blattes einen guten Schutz für dieses besitzen.

Fig. 52. Crataegus oxyacantha, Weißdorn, Dorn aus einem Zweig entstanden; natürliche Größe.

Dem Schutz der Pflanze dienen oft ganz besonders metamorphosierte Sprosse, die sogenannten Dornen. An diesen ist die Blattbildung ebenfalls unterdrückt, so daß man höchstens noch ganz kleine Blättchen an ihnen sieht; die Sproßspitze stellt ihr Wachstum bald ein, und das Gewebe des ganzen Gebildes verhärtet sich durch Verholzung; so ist es z. B. bei unserem Weißdorn (Fig. 52) und bei der Schlehe. Allein nicht immer haben die Dornen einen derartigen Ursprung. Bei der Tragantpflanze sind es die Stiele abfallender Blätter, die sich zu Dornen entwickeln, und vielfach sind es sogar ganze Blätter oder Nebenblätter, welche in Dornen umgewandelt werden (Berberitze).

Die als Stacheln zu bezeichnenden Schutzorgane der Pflanze sind hingegen keine Sprosse, sondern Anhangsgebilde (Emergenzen, s. unten), die sowohl an der Achse als auch am Blatt sitzen können und, ohne Zusammenhang mit den inneren Geweben, der Oberhaut als ihr angehörige Bildungen nur aufsitzen, sich von ihr daher auch gewöhnlich leicht ablösen lassen. Die Schutzorgane der Rose sind nach dem Gesagten botanisch nicht, wie das Sprichwort sagt, Dornen, sondern Stacheln.

Endlich müssen wir noch einer anderen Gruppe metamorphosierter Sprosse gedenken, das sind die Klettersprosse. Wir haben schon gesehen, daß die Sproßachsen nicht immer fähig sind, sich selbständig aufrecht zu erhalten. Wenn derartige Pflanzen, sagten wir, auf freien Standorten wachsen, so legen sie sich einfach der Unterlage an und haben dann doch Licht und Luft genug. Etwas anderes ist es dagegen, wenn sie in dem dichten Gewirr der Hecke, des Waldes, ja des Feldes leben; denn dann entspinnt sich ganz naturgemäß ein Kampf um Licht und Luft. Man kann dieses verschiedene Verhalten einer und derselben Pflanze z. B. sehr gut in und an jedem Kornfeld beobachten. Zur Flora desselben gehört als ein fast ständiger Gast die Ackerwinde, ein kleines, schwachgebautes Pflänzchen. Auf dem Weg und am Rande des Kornfeldes findet es Licht, Luft und Platz genug; daher liegen seine Sprosse hier der Erde einfach an, auf ihr hinkriechend. Beobachten wir dagegen die zwischen dem Korn wachsenden Exemplare, so sehen wir, daß dieselben hier die benachbarten Halme als Stütze benutzen, um sich dem Licht entgegenzuschwingen.

Die Stütze, welche sich die Kletterpflanzen suchen, kann eine tote oder eine lebendige sein; sie benutzen aufrechtstehende Pfähle, Stengel benachbarter Pflanzen, Baumstämme, Mauern und Felswände und was der freundliche Mensch ihnen dar-

reicht. Das Verhältnis zwischen den als Stütze dienenden Pflanzen und den Kletterpflanzen ist dann fast immer ein ganz harmloses, obwohl es nicht ausgeschlossen ist, daß die große Masse des Mieters sozusagen den Wirt erwürgt.

Die Organe, mit denen die Pflanze klettert, können sehr mannigfaltig sein. Oft ist es die Achse selbst, welche die Fähigkeit hat, sich um eine Stütze zu schlingen. Die fortwachsende Spitze derartiger „Schlingpflanzen" hat das Bestreben, sich schraubenartig zu krümmen; sie sucht dabei gewissermaßen eine Stütze und legt sich, falls sie eine solche

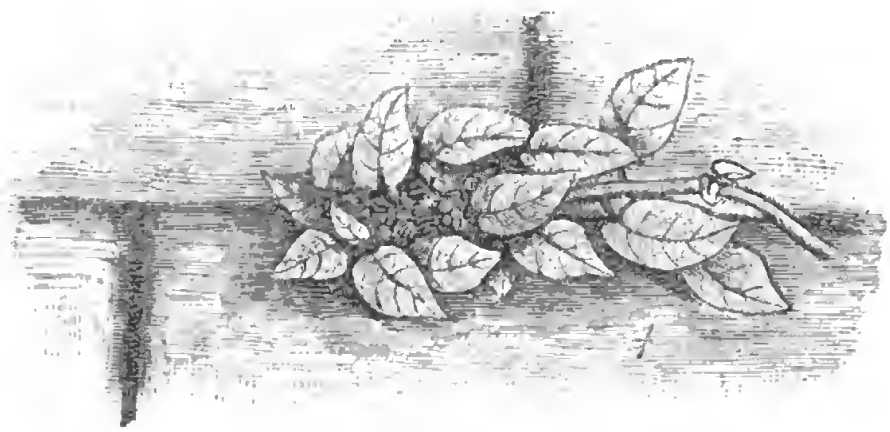

Fig. 53.
Parietaria diffusa, Glaskraut.
Stück eines Zweiges, der sich mit Haaren am Mauerwerk festhält.

gefunden hat, um sie herum, und zwar ganz gesetzmäßig, entweder (meistens) nach links oder nach rechts. Findet sie keine Stütze, so macht die Spitze oft freie Windungen; auf die Dauer wird sie aber dabei in ihrer kräftigen Entwicklung gehemmt, da sie eben unbedingt der Stütze bedarf. Die Bohne windet links, der Hopfen rechts.

In anderen Fällen besitzt die Sproßachse Luftwurzeln, mit welchen sie sich an der mehr oder weniger rauhen Unterlage anheftet (z. B. Efeu an Baumstämmen, Mauern und Felswänden). Auch sind es manchmal Haare, Haken und Stacheln der Oberhaut, deren sich die schwachen Sproßachsen

bedienen, um sich an anderen Pflanzen festzuhalten (kletterndes Labkraut, Glaskraut Fig. 53).

Weniger einfach ist es hingegen, wenn der Sproß oder seine Teile zu besonderen Organen metamorphosiert sind, wie bei den sogenannten Rankenpflanzen. Im gewöhnlichen Leben nennt man fälschlich oft die Ausläufer, z. B. der Erdbeere, Ranken. In der Botanik versteht man unter Ranken

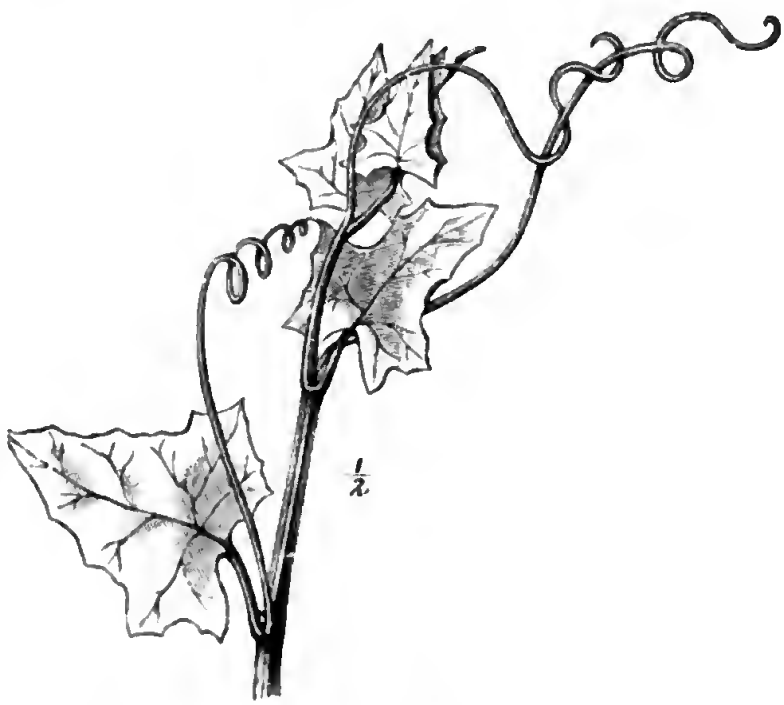

Fig. 54.
Bryonia dioica, Zaunrübe. Sproß mit Ranken; ½.

dünne, fadenförmige Organe, welche gleich dem windenden Stengel die Fähigkeit haben, sich um eine Stütze herumzulegen. Zuweilen sind es ganze Seitensprosse, welche sich zu dünnen Ranken ausbilden, die oft gleichfalls verzweigt sind (Wein, Kürbispflanzen, z. B. Zaunrübe, Fig. 54). Die Enden sind dann entweder windend oder zu Saugwarzen umgebildet. In anderen Fällen übernimmt der Blattstiel die Aufgabe, den Sproß an einer Stütze anzuheften (Kapuzinerkresse), oder es kann auch das Blatt oder ein Teil von ihm (z. B. das Neben-

blatt) zu einer Ranke umgebildet sein. Das findet sich besonders bei zusammengesetzten Blättern; es teilt sich dann die Arbeit derart, daß einige Teilblättchen die Ernährung besorgen, andere dagegen, nämlich die äußersten am Blatt, die Befestigung der Pflanze übernehmen (Erbse).

Die Blätter können ferner die Arbeit der Wurzeln leisten, wie es bei manchen Wasserpflanzen vorkommt, welche keine echte Wurzel besitzen. So findet z. B. bei dem Wasserfarn, Salvinia (zu den Wurzelfrüchtlern gehörig), eine bemerkenswerte Arbeitsteilung statt, indem ein Teil der Blätter Ernährungs- und die anderen Schwimmorgane werden. Die Schwimmorgane entstehen, indem die Blätter, was auch sonst zuweilen vorkommt, ein Gewebe ausbilden, das Luftkammern enthält und deshalb spezifisch leichter als Wasser ist; der andere Teil der Blätter ist zu fein zerschlitzten, im Wasser untergetauchten Wurzelorganen geworden.

Ein ganz besonders anziehendes Gebiet der Blattmetamorphose bilden die „insektenfressenden Pflanzen", bei welchen die Blätter zu Fangapparaten umgebildet sind. Das einfachste Beispiel bietet der auch bei uns einheimische, auf Moor- und Sumpfboden wachsende Sonnentau (Drosera). Er hat gestielte, rundliche Blätter, welche mit langen knopfigen Drüsenhaaren besetzt sind, die am Ende eine klebrige Absonderung tragen (Fig. 55). Wenn ein kleiner Körper, z. B. ein kleines Insekt, auf das Blatt gelangt, so beginnt eine stärkere Ausscheidung der Drüsenflüssigkeit; gleichzeitig legen sich die Haare über das Insekt hin, halten es fest und ersticken es, indem die klebrige Flüssigkeit die Ausgänge der Tracheen verstopft. Es ist bemerkenswert, daß unorganische Körperchen, wie Sand und dergleichen, wohl eine Steigerung der Drüsenabsonderung, jedoch keine Bewegung der Haare bewirken. Das gemordete Tier wird nun von dem Pflanzenblatt geradezu verdaut, alles Brauch-

bare wird durch die Drüsenabsonderung aufgelöst, und es bleibt nichts übrig als die unverdaulichen Teile des Chitinpanzers, die schließlich abfallen. Übrigens ist hier wie auch bei den anderen insektenfressenden Pflanzen die Tierverdauung nur ein die normale Ernährung unterstützender Vorgang, da diese auch daneben stattfindet.

Bei dem auf sandigen Standorten mancher Mittelmeergegenden (Marokko, Portugal) lebenden Taublatt (Drosophyllum) ist das fadenförmige lineale Blatt ringsum mit klebrigen Drüsenhaaren besetzt, an welchen kleine Insekten hängen bleiben, wie an den als Fliegenfallen aufgestellten Leimruten. — Die Venusfliegenfalle (Dionaea) (Fig. 56) Nordamerikas besitzt umgewandelte Blattstiele, welche an Stelle des Blattes die regelrechte Ernährung besorgen, und eine in der Mittellinie zusammenklappbare Spreite, die am Rande Wimpern und auf der Fläche rote Drüsenhaare sowie einige besondere Borsten trägt. Bei Berührung klappt die Spreite zusammen, die Wimpern schließen sich, und das berührende Tierchen ist dem Tode geweiht. Das Zusammenklappen erfolgt auf den Reiz hin, den das Tier auf die Borsten ausübt.

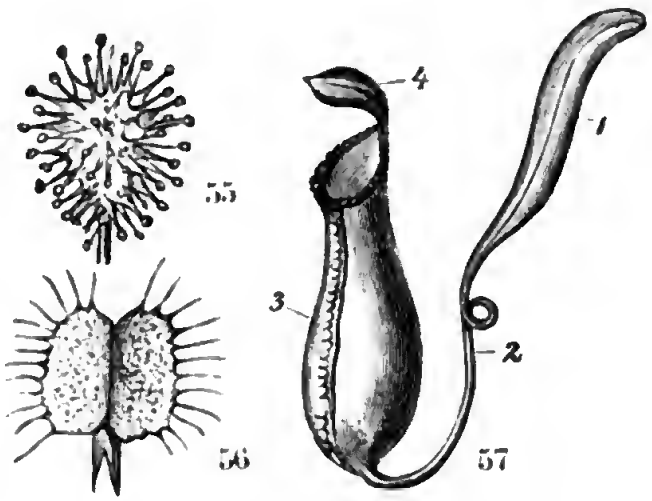

Fig. 55—57.
Blätter von insektenfressenden Pflanzen.
55 Drosera, natürliche Größe; 56 Dionaea, verkleinert; 57 Nepenthes:
1 spreitenartiger Blattstiel, 2 Ranke, 3 Kanne, 4 Deckel; verkleinert.

Eine zweite Gruppe von Tierfängern besitzt Blätter mit

Höhlungen, in denen sich die Tiere fangen. Bei dem wurzellosen Wasserschlauch (Utricularia), der auch in unseren Gewässern vorkommt, sind die Blätter retortenartig aufgeblasen; an dem Eingang in die Höhlung befindet sich eine elastische Klappe, die wie ein Ventil nur einem von außen kommenden Druck nachgibt; diese Öffnung ist ferner von Borsten umgeben, so daß das Ganze an jene kleinen Krebse, Daphnien, erinnert, welche in unseren Tümpeln und Teichen hausen. Auf der Innenwand des Gebildes finden sich Saugzellen. Wenn kleine Tiere in das Fangblatt eingedrungen sind, so kommen sie lebend nicht aus dem Gefängnis heraus, sie ersticken oder verhungern, und ihre Reste werden, wenn sie verwesen, aufgesogen, was aber übrigens keineswegs mit voller Bestimmtheit nachgewiesen ist.

Eine besondere Berücksichtigung und Teilnahme verdienen die Kannenpflanzen, Arten der Gattungen Sarracenia und Nepenthes. Sarracenia ist eine Sumpfpflanze Nordostamerikas. Ihre Blätter bilden sonderbare schlauchförmige Gebilde, welche der Erde aufliegen und bogig nach oben steigen; an der Mündung findet sich ein muschelförmiger Spreitenteil. Der Schlauch besitzt eine Leiste, die Spreite zeigt Honigabsonderung, die Innenwand des Schlauches ist glatt. Die Spreitenmuschel fängt das Regenwasser auf, das sich in dem Schlauch in großer Menge ansammelt. Kleine Gliedertiere lassen sich nun in großer Zahl verlocken, auf jener Leiste zu den Honigdrüsen emporzusteigen; jedoch dort angelangt, fallen sie hinunter und sind unrettbar verloren, denn an dem nach oben verengerten Schlauch kommen sie nicht wieder herauf, und in dem Wasser werden sie bald ertrinken und verwesen; vielleicht scheidet der Schlauch auch eine Flüssigkeit ab, welche dies beschleunigt. Die Menge der in einem solchen Schlauch gefangenen Tiere soll oft eine sehr große sein. — Die Mordgier ist bei einigen Arten mit fast verwerflich zu nennender

List verbunden: so sondern einige auch an der Schauseite Honig ab, andere besitzen an der Spreite bunte Farben außer den Honigdrüsen und locken so mit allen zu Gebote stehenden Mitteln die unglücklichen Tiere in sicheres Verderben.

Die Fangwerkzeuge der Nepenthes (Fig. 57) sind denen von Sarracenia ähnlich. Diese Pflanzen der tropischen Sumpfvegetation im Urwald klettern oft lianenartig an Bäumen empor. Ihr Blatt zeigt eine lehrreiche Arbeitsleistung; denn es ist Ernährungs-, Kletter- und Fangorgan zu gleicher Zeit: der untere Teil (Blattstiel) ist spreitenartig, dann folgt eine Ranke (zweiter Teil des Blattstiels), ferner eine Kanne (die manche auch noch für einen Teil des Blattstiels halten) und endlich ein blattartiger Deckel (die Spreite). Auf der Kanne finden sich trügerische Wegweiser, und auch hier locken bunte Farben die vertrauensseligen Tierlein heran, die zwar am Rand der Mördergrube noch mit süßem Honigseim abgespeist werden, nach dieser Henkersmahlzeit aber gemeiniglich an dem glatten Rand ausgleiten und dann als verlorene Leute in die Tiefe hinabstürzen.

c) Reduzierte Sproßformen.

Bei den reduzierten Organen handelt es sich besonders um *Schmarotzer*. Das Gebiet derselben zeigt einige von den wenigen Beispielen, bei denen man von einer durch die veränderte Lebensweise verursachten feststehenden Abänderung weitgehender Art sprechen kann. Zu verwundern ist das nicht; denn tatsächlich bedeutet doch der Eintritt in die *parasitäre Lebensweise* geradezu eine Umkehr der Pflanzennatur. Die Pflanze unterscheidet sich gerade dadurch vom Tier, daß sie sich selbständig durch die ihr von der unorganischen Natur dargebotenen Stoffe ernährt; wenn sie nun diese Art der Ernährungsweise verläßt, so muß sich damit notwendig eine bedeutsame Organisationsverschiebung verbinden.

Die parasitäre Lebensweise zeigt die verschiedensten Stufen. Es gibt Parasiten, bei denen die althergekommliche Mode der Pflanzen-Ernährung noch zum guten Teil beibehalten ist, die aber doch schon zum Schmarotzertum hinneigen und dann kaum eine Verkümmerung (Reduktion) der Achsen und Blattorgane zeigen. Da derartige Parasiten ihren Wirten fast nur Wasser und etwa noch Salze entziehen, so betrifft die Reduktion nur die Wurzel. So ist es bei der oben besprochenen Mistel, ferner bei anderen Pflanzen unserer Flora (z. B. Hahnenkamm), denen man das Schmarotzerwesen nicht ansieht.

Zu einer zweiten Gruppe gehört die Flachsseide (Cuscuta), eine Pflanze, welche andere Pflanzen (Flachs, Hanf, Brennnesseln, Klee, daher auch Kleewürger oder Teufelszwirn genannt) umwindet und keine Erdwurzeln besitzt. Dagegen saugt sie sich mit Luftwurzeln, die zu Saugorganen umgewandelt sind, an der Wirtpflanze fest und entwendet ihr nützliche Säfte; vor allem aber schadet sie derselben dadurch, daß sie, besonders wenn sie in großen Mengen vorkommt, dieselbe erstickt.

Bei der Flachsseide ist die Blattreduktion schon gründlich eingetreten; die Blätter sind nur noch kleine Schuppen, und die ganze Pflanze ist rötlich-gelb, nicht grün gefärbt. Noch mehr tritt das bei manchen Knabenkrautarten, ferner bei dem Fichtenspargel und der Orobanche ein, welche infolge des Mangels an Blattgrün und der dadurch erzeugten bleichen Beschaffenheit der pflanzlichen Ernährungsweise gänzlich den Rücken gewandt und das Schmarotzerleben angenommen haben. Diese Wesen sind übrigens nicht immer Mord- und Raubgesellen, sondern viele von ihnen leben von dem Moder und Humus des Waldbodens; andere dagegen suchen mit ihren Wurzeln diejenigen anderer Pflanzen auf und saugen ihnen die Lebenssäfte aus.

Bei vielen Schmarotzern der Tropen ist der Körper eine

mehr oder weniger unförmliche Masse, welche höchstens kleine Schuppen als Blätter und eine unregelmäßige Masse als Wurzel trägt, die auf oder in dem Körper des Wirts sitzt und im übrigen fast nichts ist als eine große Blüte. Es ist sonderbar, daß diese Parasiten in ihren Blüten durchaus nicht reduziert sind; einige von ihnen haben sogar die größten Blüten, die es gibt, z. B. Rafflesia Arnoldi, deren Blüten im Knospenzustand großen Kohlköpfen gleichen, geöffnet einen Durchmesser von 1 m erreichen, aber einen höchst unangenehmen Leichengeruch verbreiten. Entdeckt wurde diese Wunderblume im Jahre 1818 auf Sumatra; sie auch anderswo nachzuweisen, ist noch nicht gelungen.

d) Niedrige Sproßformen.

Die Sproßformen, die wir bisher betrachteten, sind diejenigen der höchsten Pflanzen, die man als *Samenpflanzen* bezeichnet. Unter den anderen, den sogenannten *Sporenpflanzen* (Kryptogamen), findet sich eine ganze Reihe von Sproßformen in aufsteigender Stufenleiter.

Wir können es immerhin noch als einen Sproß einfachster Form bezeichnen, wenn der ganze Pflanzenkörper von einer *einfachen Zelle* gebildet wird, wie bei manchen Algen und Pilzen. Hier ist eine *Arbeitsteilung* überhaupt noch nicht eingetreten; die Zelle ist ein und alles. Allein schon auf der Stufe des Einzellenlebens, wie man es nennen könnte, kann die Zelle ein bedeutsames Wachstum und eine verschiedene Ausbildung ihrer Enden erfahren: das untere Ende heftet sie der Unterlage an, ist also vom physiologischen Gesichtspunkte aus als Wurzel zu betrachten; das andere ist grün und wächst nach oben, entspricht also dem oberirdischen Sproß höherer Pflanzen. Dieser Fall findet sich wiederum bei Algen sowohl, als auch bei Pilzen, z. B. manchen Schimmelpilzen.

Die nächste Stufe der Sproßentwicklung, der Lagersproß, ist dann der vielzellige Körper, der wieder dieselben eben erörterten Unterstufen zeigen kann: einfache Körper ohne Arbeitsteilung und zusammengesetztere mit mehr oder weniger weitgehender Arbeitsteilung. Hierbei zeigt der Sproß, abgesehen von dem Geschlechtsapparat, der schon auf dieser Stufe eine bedeutende Rolle spielt, nur einen geringen Fortschritt in der Ausgestaltung, der sich vor allem in der Ausgliederung der Anhangsgebilde, d. h. der Blätter, offenbart. Diese finden sich zuerst bei den höchsten Algen, den Characeen; den Pilzen als Schmarotzern fehlen sie selbstverständlich.

Die folgende Stufe könnte man den Moossproß nennen. Derselbe ist gekennzeichnet durch die Gliederung des Sprosses in Achse und Blatt. Allein zunächst neigt der Sproß dabei doch noch dazu, die Blattbildung zurückzuhalten, wie es bei den Lebermoosen oft der Fall ist. Da aber die Pflanze ein ausgeprägtes Bedürfnis nach pflanzlicher Ernährungsweise besitzt, so bildet sich die Achse dabei bezeichnenderweise zu einem Flachsproß, einer Kladodie, aus, an welcher die Blättchen als Schuppen auf der Unterseite sitzen. Bei den höheren Moosen zieht sich die Achse mehr stengelartig zusammen und zeigt nun Blättchen einfachster Art. Diesen kleinen Pflanzen fehlen die Gefäßbündel, womit der Mangel an echten Wurzeln zusammenhängt, die hier durch Wurzelhaare vertreten sind.

Bei der nächsten Stufe, dem Farnsproß, erfahren Achse und Blatt eine bedeutende Weiterentwicklung sowohl in anatomischer als auch in morphologischer Hinsicht. Daher treffen wir denn hier auch schon auf Formen, die verschiedenen physiologischen Zwecken dienen.

Noch weiter geht endlich die Sproßform der Samenpflanzen, auf deren Mannigfaltigkeit wir ja schon genügend eingegangen sind.

7. Haarbildungen.

Nur kurz wollen wir noch jener Gebilde gedenken, welche anatomisch eine einfache Ausgliederung der Oberhaut darstellen und die man als Haarbildungen zusammenfassen kann.

Sie können an allen Organen der Pflanze auftreten. An den Wurzeln sind sie nur in einer Art vorhanden, nämlich als Wurzelhaare, welche an den fortwachsenden Wurzelspitzen als einzellige Schläuche entstehen und aus der Erde das Wasser aufsaugen.

Die Haarbildungen der Sproßachse und der Blätter dagegen sind gar mannigfach (Fig. 23—28): hier sind es einfache Warzen, dort kurze oder lange Fäden; hier sind sie am Ende keulig verdickt, dort verzweigt und sternförmig; hier bilden sie einen rauhen Überzug der Blätter, dort einen dichten Wollfilz, der die Pflanze gegen Verdunstung und Wärmestrahlung schützt; hier sind es Spreuschuppen (Farne), dort Leimzotten, welche die Knospenhülle der Bäume durch ihre Gummiabsonderung vor Tieren und Feuchtigkeit schützen (Roßkastanie); hier sind es Drüsenhaare, dort Brennhaare; hier Fanghaare, dort solche, welche der Verdauung insektenfressender Pflanzen dienen.

Zu den Emergenzen, d. h. Gebilden der Oberhaut, an deren Bildung auch tiefere Gewebeschichten, nicht aber Gefäßbündel teilnehmen, gehören die Stacheln. Sie lassen sich dementsprechend leicht von dem Organ trennen, auf welchem sie sitzen, und dadurch leicht von den Dornen unterscheiden, was allerdings nicht für alle so vollständig zutrifft. Sie dienen, wie leicht erklärbar, dem Schutz der Pflanze gegen lebende Feinde.

8. Der Blütensproß.

Alle von uns betrachteten Sprosse dienen vor allem der Ernährung und dem Nebenzweck des Schutzes, des Fest-

haltens, des Tierfangs: also der Erhaltung des Individuums. Dieser selbstsüchtige Zweck ist aber nicht der einzige, der das Reich der Lebewesen beherrscht. Vielmehr finden wir als zweiten Zweck, der dem pflanzlichen Individuum an sich ganz gleichgültig sein muß, die Erhaltung der Art, die Bildung einer neuen Generation, die nach dem eigenen Untergang den Schauplatz des Lebens betreten soll: also die Fortpflanzung.

Der Pflanzenkörper bildet zu diesem Zweck ganz bestimmte Sprosse aus, die man Blüten nennt.

Der Blütensproß stellt entweder den Gipfel-Abschluß des vegetativen Sprosses und seiner Nebensprosse dar, oder er bildet eigene, in den Blattwinkeln aus besonderen, früh zu erkennenden Knospen entstandene Sprosse. Die Zahl der Blüten ist eine ganz verschiedene; es gibt Pflanzen, die sich mit einer einzigen Blüte begnügen, andere, die mehr haben, andere die eine sehr große Menge hervorbringen, wobei die Zahl im umgekehrten Verhältnis zur Größe steht. Sehr oft dient ein ganzes Sproßsystem mit vielen Achsengenerationen dem Zweck der Fortpflanzung; man spricht dann von einem Blütenstand. Derselbe soll den vorhandenen Raum für die Blüten vergrößern und zeigt eben daher eine oft bedeutende Verzweigung der Achsen. Wir haben die Hauptblütenstände schon oben erwähnt. Die in ihnen auftretenden Stützblätter der Achsen zeigen eine Verkleinerung und Vereinfachung der Laubblätter. Es sind die oben schon erörterten Hochblätter (Fig 61).

a) Bau der Blüte im allgemeinen.

Der Blütensproß oder die Blüte zeigt eine Stufenfolge von verschiedenartig metamorphosierten Blättern, von denen man die äußeren als Blütenhülle, die inneren als die eigentlichen Fortpflanzungsorgane zu betrachten hat (s. für das

Folgende die Fig. 58—69). Die Blütenhülle wird aus zwei Blattkreisen, Kelchblättern und Blumenblättern, gebildet; auch die Fortpflanzungs- oder Geschlechtsblätter (um eine für das ganze Pflanzenreich passende Bezeichnung zu haben, kann man sie Sporophylle oder Sporenträger nennen) sind zweierlei Art, nämlich Staubgefäße (männlich) und Stempel (weiblich). Nur bei den Blütenhüllblättern ist die Blattnatur klar erkenntlich, bei den anderen Blättern der Blüte hingegen ist sie verborgen. Daß aber auch bei

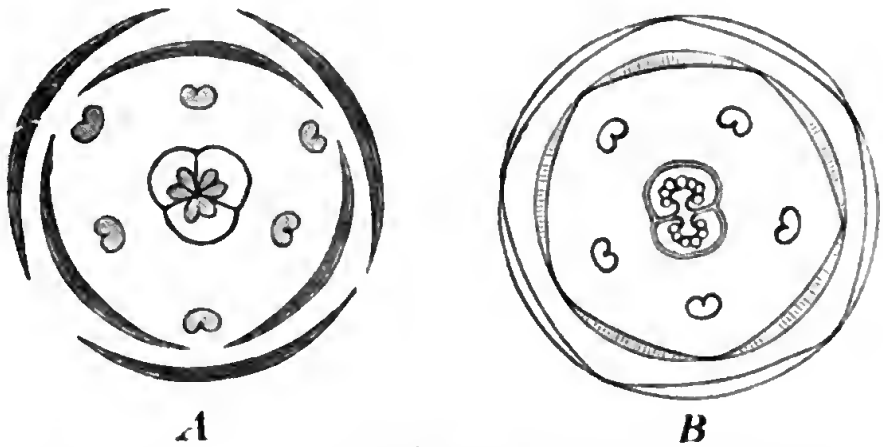

Fig. 58.
Diagramm. A. Tulipa, pentazyklische trimere Blüte; B. Solanum, tetrazyklische pentamere Blüte.

Staubgefäßen und Stempeln — oder, wie man sie ihrer Natur nach lieber nennen sollte, Staubblättern und Fruchtblättern — eine Metamorphose des Blattes vorliegt, zeigen sowohl die Entwicklungsgeschichte als auch sogenannte Rückschlagserscheinungen. Es kommt nämlich vor, daß die Staubgefäße und die Stempel ganz oder zum Teil blattartig ausgebildet sind, z. B. in gefüllten Blüten, welche daher die Fähigkeit, Samen zu erzeugen, eingebüßt haben.

Dem Gesagten zufolge sind die Staub- und Fruchtblätter die wesentlichen Blütenteile; die Blütenhülle ist unwesentlich, kann daher auch fehlen. Ist sie samt allen anderen

Teilen vorhanden, so nennt man die Blüte vollständig (Fig. 59); fehlt sie, so ist die Blüte nackt. Es kann auch vorkommen, daß nur ein Hüllkreis, also entweder der Kelchblatt- oder der Blumenblattkreis, vorhanden ist (Fig. 61); auch können beide gleichartig ausgebildet sein, dann nennt man die Hülle ein Perigon; bei Fig. 62 ist der deutlich vorhandene Kelch kronenartig und bunt. Wenn von den wesentlichen Blütenteilen sowohl Staub- als auch Fruchtblätter vorhanden sind, so liegt eine zwittrige oder zweigeschlechtliche Blüte (Fig. 59) vor; ist nur eine von beiden Arten da, so ist die Blüte eingeschlechtlich, und zwar männlich, wenn sie Staubblätter, weiblich, wenn sie Fruchtblätter besitzt (Fig. 61). Fehlen endlich alle beide, so ist die Blüte für ihren eigentlichen Zweck verloren und steht im Dienst anderer Blüten, wie wir dies noch erörtern werden.

Die Anordnung der Blütenteile ist eine ganz gesetzmäßige. Die Darstellung derselben in Horizontalprojektion nennt man ein Diagramm (Fig. 58); aus ihm läßt sich die Anordnung der Teile am besten erkennen. Diese Anordnung ist nun entweder eine quirlartige (zyklische) oder eine spiralige (azyklische). Letztere findet sich z. B. bei den Zapfen der Koniferen, ist aber seltener. Bei der Quirlstellung hat man auf die Zahl der Kreise (Quirle) zu achten; denn oft genug zeigen einige Arten der Blütenorgane mehrere Kreise (besonders die Staubblätter). Man spricht darnach von ein- bis mehrquirligen (=zyklischen) Blüten, sodann ist die Zahl der Blätter in einem Quirl beachtenswert (zwei bis mehrzählig, dimer, trimer, tetramer, pentamer usw.). Bezüglich der Stellung der aufeinander folgenden Quirle kommen zwei Fälle vor: entweder stehen die Glieder des folgenden Quirls zwischen denen des vorhergehenden, sie alternieren, oder die Glieder des folgenden Quirls stehen vor denen des vorhergehenden, sie sind dann opponiert. Einige

Beispiele sind folgende: der Nachtschatten (Fig. 58B) (Solanum) hat eine vierquirlige (tetrazyklische) Blüte, und jeder Quirl ist fünfzählig (pentamer), die Kreuzblüten (z. B. Kohl) sind sechsquirlig und die einzelnen Quirle sind verschiedenzählig (2 Kelchquirle zu je 2 Blättern, 1 viergliedriger Blumenblattquirl, ein zwei- und ein viergliedriger Staubblattquirl und ein zweigliedriger Fruchtblattquirl), die Liliengewächse (z. B. Tulipa Fig. 58 A) besitzen sehr ausgesprochen fünfquirlige (pentazyklische) Blüten mit je drei Gliedern (trimer).

Zu bemerken ist nun aber, daß die eben erörterten Verhältnisse nicht immer so klar liegen, wie es hier geschildert ist. Es kann nämlich Reduktion einzelner Teile stattfinden, was man hier als Abort bezeichnet. Schwinden einzelne Teile ganz, so kann begreiflicherweise nur die Entwicklungsgeschichte Aufklärung geben. Andererseits kann eine Spaltung oder Verdoppelung in einem Kreis eintreten; so ist z. B. der innere Staubblattkreis der Kreuzblüte durch Verdoppelung viergliedrig geworden. Endlich können benachbarte Blütenteile eines Quirls miteinander verwachsen und dadurch die gesetzmäßigen Zahlenverhältnisse stören.

Die Vermehrung der Blumenblätter in gefüllten Blüten entsteht in den wenigsten Fällen durch Einschiebung neuer Blätter. Vielmehr sind es gewöhnlich zwei andere Gründe, welche eine Füllung bewirken: Spaltung der ursprünglich einfachen Anlagen in mehrere andere oder Verwandlung der Staub- und Fruchtblätter in Blumenblätter, wobei eben ihre eigentliche Natur zutage tritt.

Die Deckung der Blütenteile in der Knospe nennt man Ästivation; sie ist „klappig“, wenn sich die Blätter mit den Rändern berühren, „dachig“, wenn dieselben übereinandergreifen. Auf Einzelheiten wollen wir nicht eingehen, ebensowenig auf den sogenannten Anschluß der Blüte, worunter man die Art und Weise versteht, wie sich die Blattorgane

der Blüte an die ihnen vorangehenden Blätter anschließen. Auch kann es uns nicht darauf ankommen, die Entwicklungsgeschichte der Blüte zu erörtern. Es genügt uns, daß der Vegetationspunkt des Blütensprosses sein Wachstum einstellt, nachdem er die Blattorgane seiner Sphäre in derselben Weise, wie es an den vegetativen Sprossen geschieht, d. h. als Zellhöcker, angelegt und ausgegliedert hat.

Zum allgemeinen Blütenbau gehört auch der Gesamteindruck, den die Blüte in Bezug auf Regelmäßigkeit macht. Man nennt die Blüte *regelmäßig*, wenn die Glieder aller Quirle unter sich gleichartig gebaut und um die Achse gleichmäßig strahlig angeordnet sind (Vergißmeinnicht), dagegen *symmetrisch*, wenn dies nicht der Fall ist, die Blüte sich aber durch einen Schnitt in zwei spiegelbildlich gleiche Hälften teilen läßt (Mimulus, Fig. 62, Erbse, Bienensaug). Die Ungleichheit kann schon durch verschiedene Färbung und Stellung, vor allem aber durch Unterschied in der Größe veranlaßt werden. Über die Ursache der symmetrischen Ausbildung der Blüte hat man gestritten, ohne einig zu werden.

b) Bau der Blüte im einzelnen.

a. Die Achse.

Die Achse des Blütensprosses führt den Namen *Blütenboden* oder später Fruchtboden; gewöhnlich ist sie sehr verkürzt, da ihre Blätter sehr dicht aufeinanderfolgen und zwar im typischen Fall in der oben erwähnten Reihenfolge: *Kelch*, *Blumenkrone*, *Staubgefäße* und *Stempel*, so daß also die letzteren den Gipfel bezw. das Zentrum der Blüte einnehmen. Allein es kommt doch auch vor, daß die Internodien zwischen zwei verschiedenen Blattquirlen der Blüte sich verlängern, so daß dann ein Quirl stielartig emporgehoben erscheint (Nelkengewächse). Zuweilen bilden sich auf der Achse zwischen den Quirlen Drüsen mit honigartiger Ab-

sonderung; ist es ein mehr ringförmiger Wall, so nennt man es einen Diskus (Lippenblütler). Die Achse kann aber auch eine Verbreiterung erfahren und zu einer flachen Scheibe werden, auf der dann die Quirle mehr oder weniger auseinandergerückt erscheinen (einige Rosengewächse, z. B. Himbeere). Stellt man sich nun vor, daß auf diesem scheibenförmigen Blütenboden zwischen Staubblättern und Stempeln ein Wachstum stattfindet, so daß Kelch, Blumenkrone und Staubgefäße wie auf einem Wall emporgehoben werden, so ersieht man, daß sich eine becherförmige Bildung ergeben muß; im Innern dieses Bechers sitzen die Stempel, am Rand die übrigen Blütenorgane (Rosengewächse, z. B. Rose). Der dritte Fall endlich ist, daß nun die becherförmig ausgebildete Achse an ihrer Innenfläche mit den Fruchtblättern verwächst, so daß dann die anderen Blütenteile auf dem Gipfel der Fruchtblätter und diese unter jenen zu sitzen scheinen (Doldengewächse). Man bezeichnet dies als Insertionsverhältnisse der Blüte und nennt die Blütenhülle im ersten Falle unterständig (Fig. 59 und 60) (hypogyn — dann ist der Stempel natürlich oberständig), im zweiten Fall umständig (perigyn — dann ist der Stempel mittelständig) und endlich im dritten Fall oberständig (epigyn — dann ist der Stempel unterständig).

β. Die Blütenhülle.

Es ist schon gesagt, daß Blüten ohne besondere Hülle nackt heißen (Esche, Weide). Die Hülle kann, wenn vorhanden, einfach, d. h. gleichartig ausgebildet sein, dann heißt sie Perigon (Fig. 61); oder sie kann sich in zwei verschiedene Kreise gliedern, dann unterscheidet man dieselben als Kelch und Krone (Fig. 59). Alle drei können verwachsen (Fig. 60 und 62) oder freiblättrig (Fig. 59 und 61) sein; im ersteren Fall offenbart sich am Rand durch

eine Zahnung, Spaltung oder Teilung noch die Mehrblättrigkeit. Bei dem Ausdruck „verwachsenblättrig" darf man übrigens nicht an eine nachfolgende Verwachsung ursprünglich getrennter Blattanlagen denken; eine derartige Blütenhülle entsteht vielmehr als ein emporwachsender Ringwall.

Kelch und Krone unterscheiden sich bei typischer Ausbildung wesentlich durch ihr äußeres Verhalten. Der Kelch ist grün und laubartig, selten bunt (Fig. 62), gewöhnlich

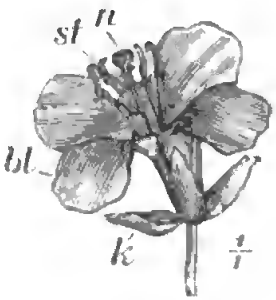

Fig. 59. Diplotaxis tenuifolia, Rampe, zweigeschlechtige vollständige Blüte. k Kelch, bl Blumenblätter, st Staubfäden, n Narbe des Stempels.

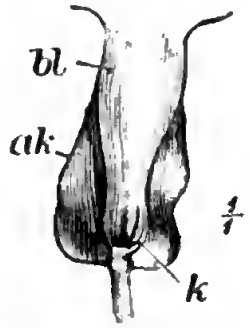

Fig. 60. Thunbergia alata, unterer Teil der Blüte. ak Außenkelch, k Kelch, bl Blumenkronenröhre.

sind seine Blätter mit breiter Basis sitzend und ungeteilt (bei der Rose geteilt). Seine Aufgabe als Blütenhülle fällt vor allem in die Jugendzeit der Blüte, d. h. er schützt die Knospe, welche die unreifen inneren Teile und die noch zusammengelegte Krone enthält. Der Kelch hat aus diesem Grund oft nur eine vorübergehende Bedeutung und fällt daher in einzelnen Fällen bald nach dem Aufschließen der Blüte ab (Mohn). Ist er ausdauernd, dann übernimmt er später eine zweite Aufgabe. Letztere ist vor allem, als Flugorgan die Verbreitung der Früchte zu fördern. Das ist namentlich auffallend bei den Kompositen, die einen haarförmigen, zunächst

sehr kleinen Kelch besitzen, der jedoch später bis zur Fruchtreife zu einer fallschirmartigen Haarkrone, dem Pappus, auswächst (Löwenzahn, Ruhrkraut Fig. 64, auch Fig. 93). Die Bezeichnungen, die man für den verwachsenblättrigen Kelch benutzt, erklären sich aus sich selbst (z. B. röhrig, glockig, trichterförmig, becherförmig, kugelig, aufgeblasen). Der Kelch kann auch symmetrisch gebaut sein.

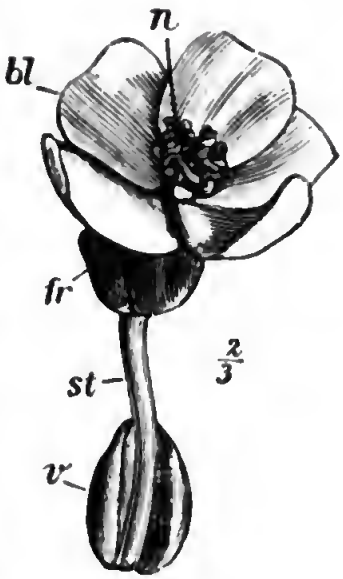

Fig. 61.
Begonia spec., weibliche Blüte.
v Vorblatt, st Stiel, fr Fruchtknoten, bl Blumenkrone, n Narbe.

Die Blumenkrone ist im Gegensatz zum Kelch meist bunt gefärbt und zarter gebaut; sie kann auch gestielt (genagelt sagt man dann) und zerschlitzt sein (Nelken). Die bunte Färbung beruht auf gelösten roten und blauen oder körnigen gelben Farbstoffen; andere Eigentümlichkeiten, wie sammetartige Oberfläche, ruhen auf anatomischen Verhältnissen. Regelmäßige freiblättrige Kronen haben die Kreuzblütler, Nelken- und Rosengewächse; eine symmetrisch freiblättrige Krone besitzen die Schmetterlingsblütler, eine regelmäßige verwachsenblättrige die Glockenblume, eine symmetrische verwachsenblättrige die Lippenblütler. Die beiden letzten Formen vereinigen die Kompositen (Fig. 63 und 64) in einem Blütenstand: ihre Röhrenblüten sind regelmäßig, die Zungenblüten symmetrisch. Im übrigen treffen wir auf ähnliche Bezeichnungen wie beim Kelch.

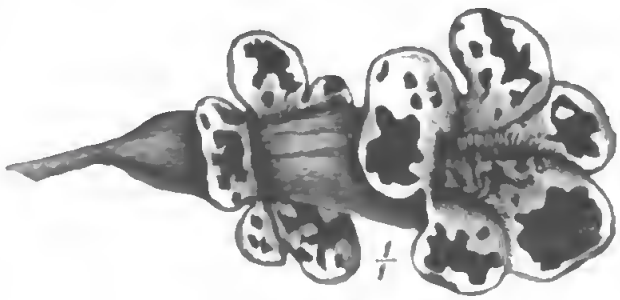

Fig. 62.
Mimulus luteus, Blüte mit kronenartigem Kelch.

Auch die Ausbildung des Perigons kann eine ähnliche sein, und zwar ist dasselbe entweder kelchartig (grün) oder kronenartig (bunt).

Es ist klar, daß die Arbeitsleistung der Krone als Blütenhülle nur eine ganz geringe sein kann. Es gibt allerdings Kronen und Perigone, die sich nachts schließen und dann die inneren Teile vor nächtlicher Kälte schützen. Im übrigen sind sie dazu viel zu zart und obendrein auch meist flach ausgebreitet. Dies hängt alles mit einem wichtigen Kapitel der Biologie zusammen. Wie wir sehen werden, greifen die Insekten, besonders Hautflügler (Bienen, Hummeln), bei der Befruchtung der Pflanze bedeutsam in das Leben derselben ein. Die Pflanze ist auf sie angewiesen, daher sucht sie dieselben anzulocken: sie bietet ihnen den Honig, den sie in der Blüte absondert, und den Überfluß ihres Blütenstaubes; sie lockt sie an durch bunte Farben der Blumenblätter und durch Wohlgerüche. Die großen Blumenblätter rufen die Insekten schon von weitem, und wenn letztere kommen, bieten sie ihnen eine willkommene Auflugsfläche. Oft findet hierbei eine sonderbare Arbeitsteilung statt, indem bei manchen Blütenständen, namentlich bei den Körbchen, die außenstehenden Blüten bedeutend größer sind als die anderen, also als Lockapparat und Auflugstelle dienen, im übrigen aber wertlos sind, da sie durch Verlust von Staubblättern und Stempeln unfruchtbar geworden sind (Wucherblume, Kornblume, Goldrute Fig. 63 und Ruhrkraut Fig. 64). Auch sonst bietet die Blumenkrone den Insekten gewöhnlich einen recht bequemen Eingang, wie z. B. die der Lippenblütler.

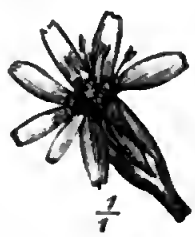

Fig. 63. Solidago virgaurea, Goldrute, Blütenköpfchen.

Die Blumenkrone kann auch hin und wieder eine andere Aufgabe übernehmen, vor allem die Sammlung und Auf-

speicherung des Honigs. Dazu haben manche Blumenkronen eine spornartige Verlängerung (Knabenkraut, Veilchen); oft aber ist auch das ganze Blatt in ein Nektarium oder Honiggefäß umgewandelt (Nieswurz).

Die Aufgabe der Blütenhülle wird ab und zu von andern Blattorganen geleistet oder doch wenigstens unterstützt. So gibt es Pflanzen, die einen sogenannten Außenkelch besitzen (Thunbergia Fig. 60, Malven und Rosengewächse): es sind dies Hochblätter, die dem Kelch sehr nahe sitzen und sogar blumenblattartig werden können. Auch Hochblätter des Blütenstands können mit zum Lockapparat hinzugezogen werden.

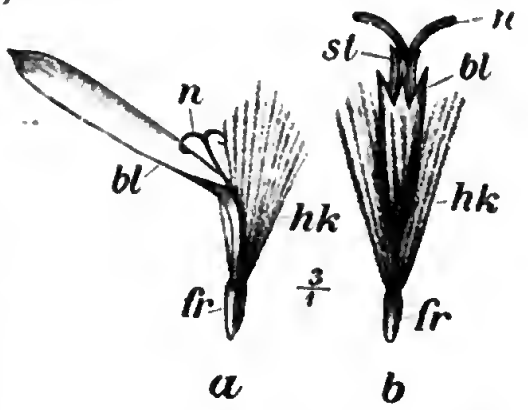

Fig. 64.
Pulicaria dysenterica, Ruhrkraut.
a) eingeschlechtige (weibliche) Zungenblüte vom Rand; b) zweigeschlechtige Röhrenblüte von der Scheibe. fr unterständiger Fruchtknoten, hk Haarkrone, bl Blumenkrone, st Staubfadenröhre, n Narbe; 3/1.

Andererseits können auch Nebenblattbildungen der Blütenteile zur Verstärkung der Blütenhülle dienen; man nennt derartige Gebilde Nebenkronen (Narzisse).

γ. Die Staubblätter.

Man bezeichnet die Gesamtheit der Staubblätter oder der männlichen Sporophylle als Andröceum. Ihre Zahl ist verschieden, aber so konstant, daß Linné auf sie sein künstliches System aufbaute. Man unterscheidet den Stiel des Staubblatts als Filament oder Staubfaden von dem oberen keulenförmigen Teil, der Anthere oder dem Staubbeutel. Der Staubfaden kann als der unwesentliche Teil fehlen; er ist aber doch meist vorhanden, um die Staubbeutel in die rechte Lage zu bringen. Die Staubbeutel bestehen aus zwei Hälften, und jede ist wieder durch eine Furche in

zwei Teile geteilt; dies entspricht dem inneren Bau. Beim Durchschneiden eines Staubblatts erkennt man 4 Fächer, die sog. Pollensäcke (Mikrosporangien); im reifen Staubblatt sitzt in diesen Säcken ein feiner Staub, der Pollen- oder Blütenstaub (Mikrosporen), der aus lauter kleinen, einzelnen Zellen von bei den verschiedenen Arten sehr ver-

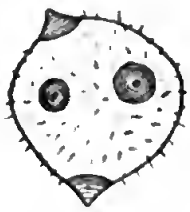

Fig. 65.

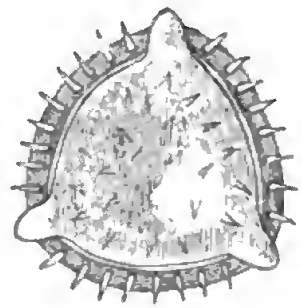

Fig. 66.

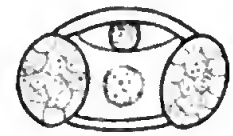

Fig. 68.

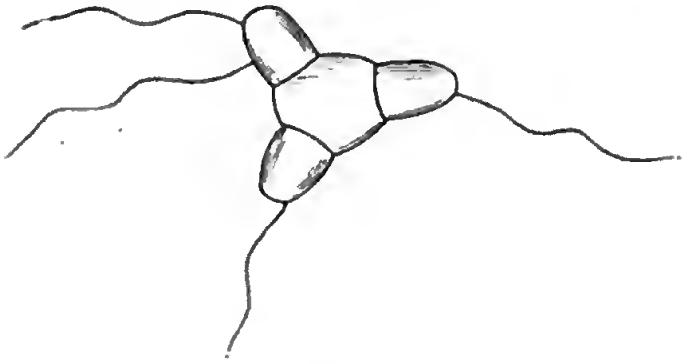

Fig. 67.

Fig. 69.

Fig. 65—69. Verschiedene Formen von Pollenkörnern, stark vergrößert. 65 Cucurbita pepo; 66 Leontodon taraxacum; 67 Epilobium angustifolium; 68 Pinus silvestris; 69 Orchis militaris.

schiedener Gestalt besteht; meist aber hat die Oberfläche Höcker, Warzen, Stacheln usw. (Fig. 65—69). Ihre Membran zerfällt in zwei Teile: die Intine und die Exine. Die beiden Pollensäcke werden durch das Konnektiv verbunden. In allen diesen Verhältnissen herrscht eine derartige Verschiedenheit, daß man sie zur systematischen Artenabgrenzung benutzen kann. (Vergl. Fig. 70—78.)

Hin und wieder werden Staubblätter unfruchtbar, d. h. sie erzeugen keinen Pollen; zum Teil schrumpfen sie in diesem Fall ein, werden also völlig reduziert, zum Teil bleiben sie jedoch und nehmen eine andere Gestalt und Aufgabe an; sie werden zu „Staminodien", die oft drüsenartig beschaffen sind.

Die Staubgefäße können frei oder unter sich in mehrere Bündel verwachsen sein (s. die Klassen Linnés); bei den Kompositen (Fig. 64, b) sind nur die Staubbeutel, und zwar zu einer Röhre verwachsen, während die Staubfäden frei sind; selbst mit Teilen des Stempels kann der Staubbeutel verwachsen (Orchideen).

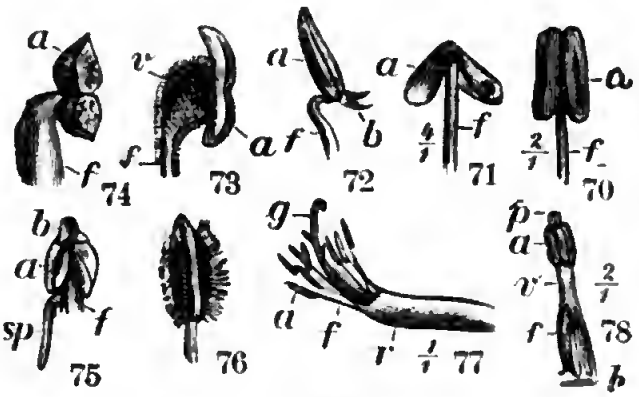

Fig. 70—78.
Staubblattformen.
70) Salpiglossis, typische Anthere; 71) Petunia hybrida, mit abstehenden Antheren; 72) Calluna vulgaris, mit schwanzförmigen Anhängen an den Antheren; 73) Maurandia, mit vertikal. Antheren und Verdickung (v) am Ende des Filaments; 74) mit senkrecht stehenden Antheren und an der Spitze verdünnt. Filament; 75) Viola tricolor, mit Verlängerung des Filaments (a) und sporn-artigem Anhängsel (sp); 76) Thunbergia alata, mit Knopfhaaren; 77) Lobelia erinus, verwachsene Staubfäden, b Blütenboden, v verwachsener Teil der Staubfäden, f freier Teil, p Pollen; 78) Lupinus, mit dem unteren Teil (r) der Staubfäden verwachsene Staubblätter. In allen 9 Figuren bezeichnet f den Staubfaden (Filament) und a den Staubbeutel (Anthere).

Die Pollensäcke öffnen sich bei der Reife des Pollens, indem sich gewisse unter der Oberhaut gelegene Zellen mit Verdickungsleisten beim Austrocknen zusammenziehen.

δ. Der Stempel.

Als Stempel oder Pistill (Fig. 79) bezeichnet man das einzelne Fruchtblatt (Sporophyll, Karpell); die Gesamtheit aller Fruchtblätter führt den Namen „Gynäceum". Die Metamorphose des Blattes ist an ihm leichter

zu erkennen als am Staubblatt. Denkt man sich, daß sich ein Blatt an seiner Hauptader einschlägt, mit den Rändern zusammengelegt, und dort verwächst (Bauchnaht), so entsteht dadurch eine Höhlung, die einfachste Form eines Stempels. In ausgebildeter Gestalt unterscheidet man an ihm drei Teile, nämlich Fruchtknoten, Griffel und Narbe; er ist dann gut mit einer Flasche zu vergleichen: ihr bauchiger Teil entspricht dem Fruchtknoten, ihr Hals dem Griffel, und der Kork der Narbe. Die Blattnatur des Stempels ist besonders bei den Schmetterlingsblütlern (zum Beispiel Erbse) recht deutlich. Gewöhnlich haben die Pflanzen mehrere Fruchtblätter, die entweder frei bleiben (wie bei den Hahnenfußgewächsen, z. B. Anemone) oder miteinander verwachsen, sei es nun, daß die Fruchtknoten allein oder auch die anderen Teile verwachsen; oft ist dann die Verwachsung nicht mehr zu erkennen; die Fruchtblätter bilden vielmehr ein einheitliches oder mehrfächeriges Gebilde. Beides kann bei ober- und unterständigen Stempeln eintreten.

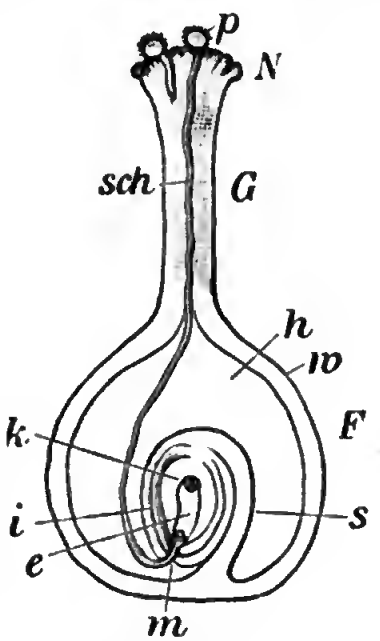

Fig. 79.
Typischer Stempel, schematisiert und vergrößert. F Fruchtknoten, G Griffel, N Narbe, w Wand d. Fruchtknotens, h Höhle desselben, s Samenknospe, i Integumente, m Mikropyle, k Knospenkern, e Embryosack, sch Pollenschlauch, p Pollenkorn.

In den Fruchtknoten finden sich bestimmte Stellen, Plazenten genannt (Fig. 80, b und 82, b), an denen die wichtigsten Teile des Stempels, die Samenknospen (Makrosporangien), sitzen. Bei einfachen Fruchtblättern ist die Bauchnaht die Plazenta, bei zusammengesetzten sind die Verhältnisse verschieden. Die Ausdrücke zentralwinkelständige (Lilie)

und wandständige Plazentation (Mohn) erklären sich von selbst. Bei freier Plazenta (Primel) sitzen die Samenknospen auf einem Säulchen, das sich frei in der Fruchtknotenhöhle erhebt; endlich kann es vorkommen, daß nur eine einzige Samenknospe verhanden ist, die im Grunde des Fruchtknotens sitzt (Knöterich).

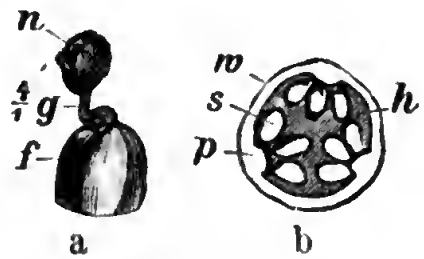

Fig. 80.

Viola tricolor, Stiefmütterchen, Pistill. a Ansicht, b Querschnitt; f Fruchtknoten, g Griffel, n knopfige hohle Narbe, w Fruchtknotenwand, h Fruchtknotenhöhle, p Plazenta, s Samenknospe.

Fig. 81.

Cardiospermum halicacabum, griffelloser Fruchtknoten. f Fruchtknoten, n dreiteilige fleischige haarige Narbe.

Die Samenknospe (Fig. 79) ist das Gebilde, aus welchem der Same entsteht. Ist ein Stiel vorhanden, so heißt derselbe Nabelstrang (Funikulus); die Stelle, wo die Samenknospe an diesem oder an der Plazenta angeheftet ist, wird Nabel genannt (an der Erbse deutlich). Der Hauptteil der Samenknospe ist der Knospenkern (Nucellus); er besitzt gewöhnlich eine oder zwei Hüllen (Integumente), welche auf dem Scheitel eine feine Öffnung, die Mikropyle, lassen. Im Knospenkern zeigt sich schon früh eine große Zelle, der Embryosack (Makrospore), und am Scheitel desselben erkennt man mehrere (3) Zellen, von denen die innerste die Eizelle ist. — Die Samenanlage ist entweder gerade, und Nabel und Mikropyle liegen einander gegenüber (atrope Samenknospe), oder sie ist gegenläufig (anatrop), wenn die gegenseitige Lage von Nabel und Mikropyle zwar ebenso, aber die ganze Samenknospe am Nabel gekrümmt und dem Nabelstrang angewachsen ist. Endlich spricht man von krumm-

läufiger (kampylotroper) Samenknospe, wenn sie selbst gekrümmt ist, so daß Nabel und Mikropyle nicht gegenüber, sondern nebeneinander liegen.

Die Frage nach der morphologischen Bedeutung der Samenknospe ist noch immer eine strittige, denn man ist sich noch nicht klar darüber, ob sie ein Knospen- oder ein Blattgebilde ist; es scheint aber, als ob die zweite Ansicht die richtigere wäre.

Der zweite Teil des Stempels, der Griffel, stellt einen meist mit lockerem Gewebe angefüllten Kanal dar, der auch ebensogut fehlen kann, manchmal verzweigt oder geteilt ist (Fig. 82) und nach Länge und Dicke sehr verschieden sein kann.

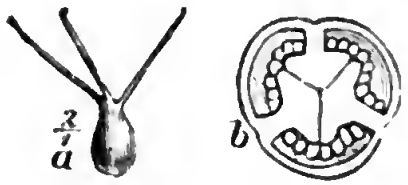

Fig. 82.
Hypericum perforatum, Harthen; Pistill.
a Ansicht, b Querschnitt.

Der dritte Teil, die Narbe, ist hingegen wesentlicher. Sie ist gewöhnlich knopfförmig einfach, kann aber auch geteilt und anders gestaltet sein (Fig. 80—83). Gewöhnlich ist sie mit Warzen besetzt und obendrein klebrig und schleimig, was mit ihrer biologischen Bedeutung zusammenhängt. Zuweilen besitzt sie Sammelapparate für den Pollen, seien es nun Bürsten-, oder Becher-, oder Schirmbildungen (Fig. 83 c, e, h).

Der Zweck der Staub- und Fruchtblätter ist die Befruchtung. Dieselbe geschieht durch Verschmelzung eines Teils des Polleninhalts mit der Eizelle. Das Pollenkorn gelangt, gewöhnlich von Insekten getragen (daher der Honig und die Lockapparate), auf die Narbe, haftet hier vermöge seiner warzigen Beschaffenheit, die es mit der Narbe teilt, und treibt, von dem Narbensekret angeregt, einen Schlauch, der das Leitgewebe des Griffels durchwächst und endlich zur Eizelle gelangt. (Das Nähere siehe unten.)

Die hier geschilderten Verhältnisse gelten für die sog.

Angiospermen (bedecktsamige Pflanzen), diese besitzen einen Fruchtknoten mit geschlossener Höhle. Anders dagegen die Gymnospermen (nacktsamige Pflanzen): hier schließen sich die Fruchtblätter nicht zu einem Gehäuse, sondern sie bleiben offen und mehr blattförmig, schuppig; später stellen sie oder vielmehr ein Teil derselben die bekannten Schuppen der Tannen- und Kieferzapfen dar.

9. Die Frucht.

Das Ergebnis der Befruchtung ist die Entstehung von Frucht und Samen. Die Frucht ist das, was durch Umwandlung des Fruchtknotens entsteht, der Same das, was aus der Samenknospe hervorgeht.

Die Veränderungen, welche mit der Befruchtung eintreten, sind aber so tiefgehende, daß sie oft noch andere Blütenteile in ihren Bereich ziehen. So können sich Hochblätter sogar zur Fruchthülle umbilden (Becher der Kupuliferen: Eiche, Buche, Hasel). Wenn der Blütenboden daran teilnimmt, so entstehen die unten zu besprechenden Scheinfrüchte.

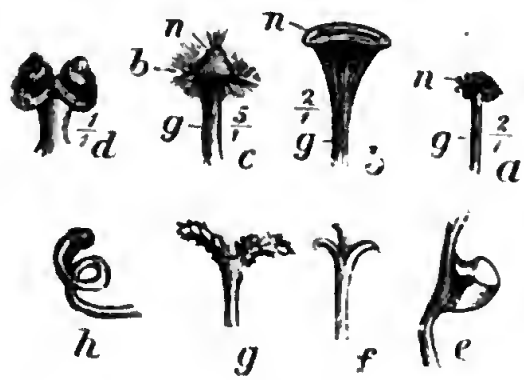

Fig. 83.

Griffel- und Narbenformen.
a) Convolvulus, einfache knopfförmige Narbe mit Pollenkörnern; b) Salpiglossis, nach oben verbreiteter Griffel; c) Lobelia erinus, unter der Narbe mit Bürste (b); d) Begonia, gewundene Narbe; e) Thunbergia alata, Griffel mit Sammelbecher; f) Valeriana officinalis mit dreiteiliger Narbe; g) Scirpus, zweiteilige Narbe mit stacheliger Oberfläche; h) Sarothamnus scoparius, spiralig gerollter Griffel mit Sammelbürste am Ende. Bei a, b und c bedeutet g Griffel und n Narbe.

Der Fruchtknoten erfährt die weitgehendste Umänderung. Griffel und Narbe haben nach erfolgter Befruchtung ihre Schuldigkeit getan, und können daher abfallen. Nur selten bildet sich der Griffel als Flug-

organ aus (einige Nelkenwurzarten), bei den Storchschnabelarten bildet er einen Bohrapparat (s. unten).

Die Zahl der Früchte richtet sich natürlich nach der Zahl der Fruchtknoten. Das Fruchtgehäuse, welches bei den echten Früchten aus der Wand des Fruchtknotens hervorgeht, läßt in der Regel drei Schichten erkennen, nach deren verschiedener Ausbildung man die Früchte einteilen kann. Man unterscheidet zunächst echte Früchte und Scheinfrüchte; erstere gehen nur aus dem Fruchtknoten, letztere auch aus anderen

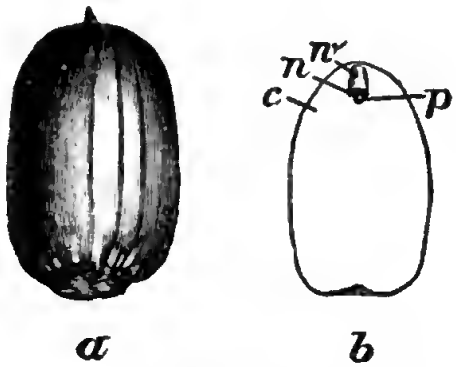

Fig. 84.
Quercus, Eiche, Frucht (Nuß). a) Ansicht, b) Längsschnitt; c Kotyledon, oben liegt der Keimling, daran w Würzelchen, p Plumula, n Narbe des zweiten Kotyledons.

Fig. 85
Diplotaxis tenuifolia, Rampe, Schotenfrucht.

Blütenteilen hervor. Die echten Früchte heißen Saftfrüchte, wenn ihre Wand saftig ist, Trockenfrüchte, wenn sie trockenhäutig, ledern oder holzig ist. Die letzteren wieder sind entweder Schließ-, oder Spring-, oder Spaltfrüchte. Bei den Schließfrüchten öffnet sich die Hülle erst bei der Keimung; dahin gehört z. B. die Grasfrucht (Karyopse), bei welcher die Hülle mit dem Samen verwächst, die Nuß (der Eiche, Fig. 84, und Haselnuß), bei welcher die Hülle besonders hart ist, und die Flügelfrucht (Ahorn), bei welcher die Fruchthülle eine flügelartige Erweiterung hat. — Die

Springfrüchte entlassen die Samen bei der Reife, indem sie an irgend einer Stelle aufspringen oder sonst Öffnungen erhalten. Springt die Frucht an der Bauchnaht auf, so ist es eine Balgfrucht (Päonie); springt sie in zwei Klappen ohne Scheidewand auf, so nennt man sie Hülse (Schmetterlingsblütler, z. B. Erbse); hat sie aber dabei eine Scheidewand, Schote (Fig. 85, Kreuzblütler: Hirtentäschel). In allen andern Fällen spricht man einfach von Kapsel; diese kann mit Zähnen aufspringen (Kornrade), oder mit Löchern (Mohn),

Fig. 86.
Malva rotundifolia, Malve. a) Kelch mit Spaltfrucht, b) einzelne Teilfrucht; ak Außenkelch, k Kelch, fr Früchte.

Fig. 87.
Heracleum sphondylium, Bärenklau, Spaltfrucht. a die beiden Teilfrüchte, b gemeinsamer Stiel der beiden Früchte, c Griffel, d Diskus.

oder mit einem Deckel (Ackergauchheil). — Die Spaltfrucht (Fig. 86 und 87) teilt sich in der Reife in mehrere Teile, die an sich gewöhnlich Schließfrüchte sind (Doldenpflanzen); oft ist die Frucht schon vorher dafür gegliedert (Gliederschote des Hederich).

Die Saftfrüchte springen gewöhnlich nicht auf; einige Gurken platzen zur Zeit der Reife schon bei bloßer Berührung und streuen, indem sie aufspringen, ihre Samen weithin aus. Die gewöhnlichen Saftfrüchte kann man als Stein- und Beerenfrüchte unterscheiden. Bei den ersteren ist die

innerſte Fruchtſchicht zu einem ſteinharten Gewebe geworden, während die beiden äußeren ſaftig ſind (Pfirſich, Fig. 88, und Kirſche); die Steinfrüchte enthalten nur je einen Samen. Die Beerenfrüchte haben mehrere Samen und die innere Fruchtſchicht iſt nicht ſteinhart (Johannisbeere, Heidelbeere, Nachtſchatten, Fig. 89).

Wenn außer dem Fruchtknoten noch andere Blütenteile an der Fruchtbildung teilnehmen, ſo nennt man die Frucht, wie geſagt, eine Scheinfrucht. So wird z. B. bei der Erdbeere der Blütenboden fleiſchig, während die kleinen

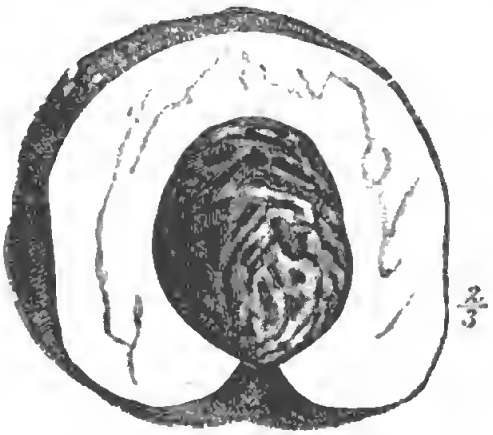

Fig. 88.
Persica vulgaris, Pfirſich, Steinfrucht.

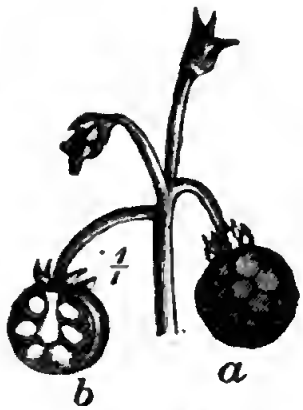

Fig. 89.
Solanum nigrum, Nachtſchatten, Beere.
a Flächenanſicht, b Querſchnitt.

Früchte in dieſem Fruchtfleiſch eingebettet ſind und mit ihren Spitzen daraus hervorſehen. Bei der Feige iſt es ſogar ein ganzer Blütenſtand, deſſen Achſe fleiſchig wird. Bei der Apfelfrucht wird der mit den Fruchtknoten verwachſende becherförmige Blütenboden fleiſchig. In dieſen Fällen kann man übrigens ebenſogut von Sammelfrüchten reden, worunter man Früchte verſteht, die durch Vereinigung der Früchte einer Blüte entſtehen. Eine derartige Sammelfrucht iſt z. B. auch die Frucht der Brombeere (Fig. 90), deren einzelne Fruchtknoten Steinfrüchtchen darſtellen und die ſich zuſammenhängend von dem kegelförmigen Fruchtboden abheben läßt.

Die biologische Bedeutung der Frucht ist einleuchtend. Sie soll den heranwachsenden Samen schützen und, wenn er reif ist, zu seiner Verbreitung beitragen. Das erstere wird erreicht, indem die Wand möglichst stark wird und oft mit Stacheln und Dornen versehen ist, wodurch sie vor Angriffen von Tieren gesichert ist (Stechapfel). Vor diesen schützen sich die Früchte auch durch bittere oder saure oder sonstwie unangenehme Beschaffenheit der fleischigen Schicht (Walnuß, unreife Kirschen). Bei Schließfrüchten bietet die harte, feste Schale während der kalten Jahreszeit auch einen willkommenen Schutz gegen Kälte und Nässe. Andererseits sollen die Früchte zur Verbreitung der Samen beitragen. Wenn die Samen der Mutterpflanze alle um diese herum in ihrer nächsten Umgebung ausgestreut würden, so leuchtet ein, daß sie beim Keimen und Aufwachsen sich hier gegenseitig hindern würden; sie werden sich Boden, Luft und Licht gegenseitig nehmen, und daher werden alle oder die meisten schwach und elend bleiben. Es muß also für die Erhaltung der Art von ganz besonderer Bedeutung sein, daß sich ihre Samen und Nachkommen möglichst weit von der Mutterpflanze entfernt ansiedeln.

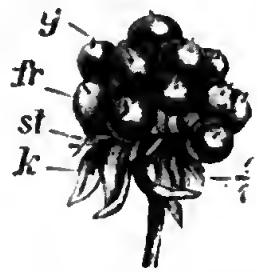

Fig. 90. Rubus fruticosus, Brombeere, Sammelfrucht. k Kelch, st vertrocknete Staubgefäße, fr Früchte, g Griffel derselben.

Die solches bewirkenden Einrichtungen an Früchten und Samen bieten wieder ein anziehendes Bild aus dem Leben der Natur. Oft hilft sich die Pflanze hierbei selbst. Das ist bei allen Springfrüchten der Fall, besonders dann, wenn dieselben Vorrichtungen haben, die man als Schleuderwerke bezeichnen kann, weil sie durch allerhand mechanische Mittel die Samen weit fortschleudern. Das schönste und bekannteste Beispiel liefert die Pflanze Rühr-mich-nicht-an (Impatiens). Durch Trockenwerden ziehen sich bestimmte

Gewebe zusammen und die Wände krümmen sich dergestalt, daß der Samen weit fortgeschleudert wird. Bemerkenswert ist das Beispiel von der Flockenblume (Fig. 91 und 92); hier öffnet sich der Hüllkelch des Fruchtstandes bei trockenem Wetter und streut dann die in ihm enthaltenen Früchte aus. In anderen Fällen bedient sich die Pflanze anderer Kräfte, nämlich des Windes oder der Tiere. Oft sind die Samen so leicht, daß ein Windstoß sie aus der Kapsel entführt, besonders wenn der Same obendrein noch Flugvorrichtungen besitzt. Solche Flugorgane können sehr mannigfach sein.

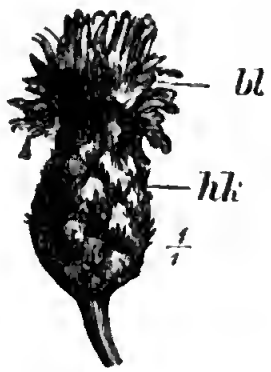

Fig. 91.
Centaurea scabiosa, Flockenblume, geschlossenes Fruchtkörbchen.
hk Hüllkelchblätter, bl Blütenreste (im Innern der Früchte).

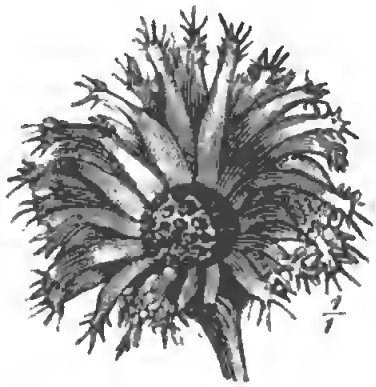

Fig. 92.
Dieselbe, geöffnetes Fruchtkörbchen.
Die Hüllkelchblätter sind ausgebreitet, die Früchte sind ausgestreut, in der Mitte sieht man den grubigen Fruchtboden.

Es können flügelartige Bildungen sein (Ahorn) oder Fallschirme (Kupula der Hainbuche, Haarkelch der Kompositen Fig. 93); dies sind dann aber meist Bildungen der Hochblätter oder der Blütenhülle; endlich kann das Flugvermögen auf federartiger Beschaffenheit des Griffels beruhen (Clematis).

Sehr verbreitet ist es, daß Tiere Transportmittel für die Früchte sind, wobei man wieder zwei Fälle zu unterscheiden hat. Oft geschieht die Beförderung rein mechanisch, die Früchte besitzen dann allerhand Stacheln, Borsten und Widerhaken, mit denen sie sich im Fell vorüberstreifender

Tiere befestigen und manchmal bis ins Fleisch einbohren (Gräser, Labkraut, Odermennig Fig. 94); manchmal besitzen die Früchte auch Klebstoffe, mit denen sie sich an Tiere heften. Besonders merkwürdig aber ist der zweite Fall, wenn die Früchte die Tiere anlocken, indem sie ihnen Genußmittel liefern, und das ist der Fall bei jenen Saftfrüchten, die neben der wäßrigen Flüssigkeit in ihrer saftigen Fruchtschale Zucker und aromatische Stoffe enthalten, wodurch sie sogar für die Menschen zum Lockmittel werden. Derartige Früchte werden oft von Tieren weit verschleppt und dann aufgefressen, die hartschaligen Teile dagegen werden zurückgelassen. Kleinere Früchte werden auch oft mitsamt den Samen gefressen, die dann den Verdauungskanal unbehindert durchwandern, da sie gewöhnlich mit einer harten Schale versehen sind, die den auflösenden Säften in Magen und Darm widersteht.

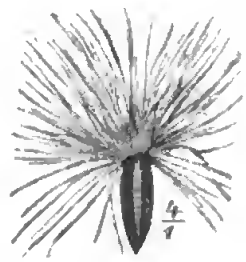

Fig. 93.
Sonchus oleraceus, Saudistel mit Pappus, d. i. zu Haaren ausgewachsenem Kelch, Flugorgan.

Im Anschluß an das Gesagte sei noch kurz erwähnt, wie die Pflanzen oft ihre Früchte mit Vorrichtungen ausstatten, durch die sie befähigt sind, sich in den Boden einzubohren; manche besitzen dazu einfache Stacheln mit Widerhaken; so hält sich z. B. die Wassernuß im Schlammboden fest. Andere besitzen an der Frucht eine lange hygroskopische, d. h. für die Feuchtigkeit der Luft empfindliche Borste, welche sich bei Feuchtigkeit ausdehnt, bei Trockenheit zusammenzieht und so allgemach in den Erdboden einschiebt (Storchschnabel).

Fig. 94.
Agrimonia eupatoria, Odermenning.
Frucht mit Widerhaken.

10. Der Same.

Wir haben schon gesehen, daß der Same infolge der Befruchtung sich aus der Samenknospe bildet. — Er besteht aus einer Schale, die aus den Hüllen der Samenknospe entsteht, und aus dem Keimling (Embryo), der aus der Eizelle im Embryosack hervorgeht; außerdem befindet sich neben dem Keimling oft noch ein Nährgewebe, welches man Sameneiweiß oder Endosperm nennt.

Der Keimling ist natürlich der wichtigste Teil des Samens. Er besteht aus einem, zwei oder mehreren Samenlappen (Kotyledonen), dem Knöspchen und dem Würzelchen. Das ganze Gebilde entsteht nach der Befruchtung aus der Eizelle, indem dieselbe sich fortgesetzt teilt und dadurch endlich jenes zusammengesetzte Pflänzchen im kleinen bildet, welches schon alle Teile der jungen Pflanze an sich erkennen läßt.

Die Samenschale richtet sich in ihrer Ausbildung nach dem, was sie zu leisten hat. Wenn die Frucht eine starke und bleibende Hülle hat, so ist die Samenschale nicht unnötigerweise auch noch stark, sondern dünn und häutig, wie bei der Eichel und Walnuß. Bei Spring- und Saftfrüchten dagegen bedarf der Keimling nach Verlassen der Frucht eines weiteren Schutzes, den ihm dann eine festgebaute, lederige (Bohne) oder steinharte (Wein) Schale angedeihen läßt. Eine besondere Eigenart zeigen die Samen des Leins und anderer Pflanzen, indem die äußeren Zellen derselben beim Feuchtwerden verschleimen. Nicht selten besitzen nicht die Früchte, sondern die Samen Vorrichtungen zum Fliegen, bei der Kiefer in Gestalt von flügelartigen Anhängen, bei den Weidearten und dem Weidenröschen als Haarschopf. Ja, auch an Genußmitteln fehlt es am Samen nicht gänzlich; man kann dahin wohl den Arillus rechnen,

d. h. einen fleischigen Mantel, welcher den Samen von unten her umwächst und umgibt (Eibe, Muskatnuß).

Für die Systematik ist das Vorhandensein und Fehlen des Sameneiweißes besonders wichtig; natürlich hat dies aber vor allem seinen physiologischen Zweck. Wir haben schon gesehen, daß die Samenlappen gewöhnlich reich an Reservestoffen, vor allem an Stärke, sind, und daß diese dann zur Ernährung der jungen Pflanze dienen. Auch sahen wir schon, daß in anderen Fällen die Samenlappen vom Eiweiß vertreten werden. Dieses Sameneiweiß ist ein Parenchymgewebe, welches Protoplasma, Öl oder Stärke enthält und den Raum zwischen Keimling und Samenschale ausfüllt; es entsteht gewöhnlich aus dem Embryosack, seltener nehmen noch andere Zellen des Knospenkerns an seiner Bildung teil. Nach seiner Beschaffenheit nennt man es mehlig, ölig, fleischig oder hornartig.

Der Keimling liegt entweder mitten im Sameneiweiß oder nicht; auch an seiner Außenseite kann er liegen. Er ist gerade oder gekrümmt. Die Beschaffenheit seiner Teile haben wir schon erörtert, ebenso ihre Bedeutung.

III. Vom Leben der Pflanze.

Die Pflanze ist an die Scholle gebunden, sagt man; sie klammert sich mit ihren Wurzeln an die Unterlage und sendet ihren Stengel samt Blättern und Blüten dem Licht und der Luft entgegen. Läßt man ein Pflänzlein ungestört sein Leben abwickeln, so erkennt man, daß es aus gar kleinen Anfängen beginnt; dann wächst es, wie von unsichtbarer Hand gepflegt, entwickelt sich mehr und mehr zu einem selbständigen Wesen und bildet Blüten, in deren geheimnisvollem Schoß ein oder viele neue Wesen derselben Art als im Verhältnis zur erwachsenen Pflanze winzige Samen entstehen.

Das Leben der Pflanze zeigt also vor allem zwei wesentliche Vorgänge: Wachstum und Entwicklung einerseits und Fortpflanzung andererseits. Fragen wir uns aber, wie denn beides ermöglicht wird, so müssen wir als den eigentlichen Grundvorgang alles Pflanzenlebens die Ernährung auffassen.

1. Die Ernährung.

Die Ernährung der Pflanzen (wir sprechen dabei von den selbständigen Pflanzen, nicht von Parasiten) ist eine wesentlich andere als bei den Tieren. Sie zeichnet sich dadurch aus, daß bei ihr aus den Stoffen, welche die leblose Außenwelt der Pflanze bietet, in ihrem Innern Stoffe gebraut werden, welche denjenigen ähnlich sind, die den Pflanzenleib

zusammensetzen: daher heißt dieser Vorgang Ähnlichmachung oder Assimilation. Ist dieser Vorgang etwas so Außergewöhnliches, so werden auch die Mittel außergewöhnlich, d. h. anders sein, als bei dem Tiere; die Nahrung selbst ist anders geartet, also auch die Aufnahme und die Organe der Verarbeitung.

a) Die Nahrungsmittel.

Von unserem Standpunkt aus ist die Pflanze äußerst genügsam; denn sie ist zufrieden, wenn ihr die Luft Kohlensäure und der Erdboden Wasser liefert. Das Regenwasser, welches durch die Erde sickert, nimmt aber aus ihr mancherlei lösliche Salze auf und bringt sie mit in die Pflanze, und damit ist deren Küchenzettel so ziemlich erschöpft. Untersuchen wir aber die Nahrungsbedürfnisse der Pflanze etwas näher, so erkennen wir, daß sie doch ganz bestimmte chemische Grundstoffe nötig hat, dieselben natürlich, die ihren Körper zusammensetzen. Da nun aber die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Pflanzen eine durchaus verschiedene, für jede Art aber eigentümliche ist, so läßt sich von vornherein annehmen, daß auch die Ansprüche, welche die verschiedenen Pflanzen an den Boden stellen, verschieden sein werden; das bezieht sich in erster Linie auf die Art und Menge der mit dem Wasser aufgenommenen Salze, während alle Pflanzen Wasser und Kohlensäure in gleicher Weise nötig haben.

Die chemischen Grundstoffe, welche den Pflanzenkörper aufbauen, sind vor allem: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff; dazu kommen noch Schwefel und Phosphor, sowie einige Metalle: Kalium, Kalzium, Magnesium und Eisen: sehr weit verbreitet ist endlich Silicium. Welche Rolle diese Grundstoffe in der Pflanze spielen, ist noch keineswegs für alle festgestellt; Silicium ist jedenfalls nicht von so großer Bedeutung; die anderen dürfen nicht fehlen.

Die Pflanze nimmt nun aber diese Grundstoffe nicht etwa als solche in sich auf, sondern als Verbindungen, d. h. chemisch verbunden mit anderen Grundstoffen. Die Herkunft der drei ersten ist sehr klar: Kohlensäure besteht aus Kohlenstoff und Sauerstoff, Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff. Stickstoff ist in einem Salz, dem Salpeter, weit verbreitet und kommt außerdem in großen Mengen in der Luft vor ($^4/_5$ der Luft). Versuche haben aber festgestellt, daß dieser Stickstoff der Luft für die meisten Pflanzen mit Ausnahme der Leguminosen eine verschlossene Quelle ist. Die genannten Metalle, sowie Schwefel und Phosphor kommen in Form von Salzen in die Pflanzen, besonders als salpetersaure, schwefelsaure und phosphorsaure Salze.

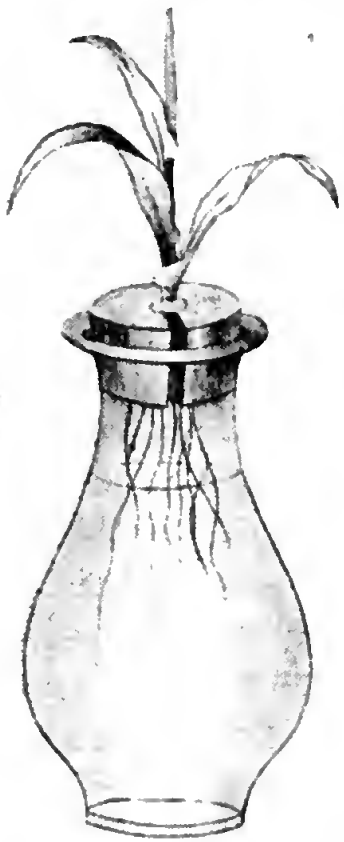

Fig. 95. Wasserkultur. $^1/_4$.

Daß wirklich nur diese Salze nebst Wasser und Kohlensäure der Luft zur Ernährung der Pflanzen nötig sind, aber auch genügen, das zeigen sogenannte Wasserkulturen (Fig. 95). Man läßt Samen von Mais oder Erbsen oder Bohnen in sorgsam gereinigten, feuchten Sägespänen keimen, und setzt sie, wenn ihre Wurzeln einigermaßen kräftig, d. h. 3—4 cm lang sind, wohl gereinigt mittelst eines durchbohrten Korks in einen Zylinder mit einer Nährlösung, die man sich durch Auflösung von 1 Gr. salpetersaurem Kali und je $^1/_2$ Gr. schwefelsaurem Kalk, schwefelsaurer Magnesia und phosphorsaurem Kalk in 1 Liter destillierten Wassers herstellt. Bringt man diese Vorrichtung, die man vorteilhaft mit einer dunklen Papphülse umgibt (damit sich am Glas keine Algen

anſetzen), ins Sonnenlicht, ſo gedeiht die Pflanze vortrefflich, bis ſie nach einiger Zeit gelbliche Blätter bekommt; ein ſehr geringer Zuſatz einer Eiſenſalzlöſung macht die Blätter wieder normal.

Wenn der Boden die genannten Stoffe nicht enthält, ſo kann die Pflanze nicht gedeihen; daraus erklärt ſich vieles in der Verteilung der Pflanzen. Auch haben manche Pflanzen von dieſem oder jenem Stoff mehr nötig als andere; ſo gibt es z. B. Pflanzen, die ein beſonderes Bedürfnis nach Kochſalz haben und daher gern an Küſten und in der Nähe von Salinen wachſen.

b) Die Ernährungsorgane und die Nahrungsaufnahme.

Es muß dem Laien rätſelhaft erſcheinen, wie die Pflanze ihre Nahrung aufnimmt. Denn er ſieht keinerlei Öffnungen an ihr wie beim Tiere.

Was für Organe der Pflanze umſpült denn nun die Luft und das Waſſer der Erde? Die Pflanze ſtreckt ihre Blätter in die Luft und ſenkt ihre Wurzeln in das feuchte Erdreich. Beide ſtellen in der Tat ihre Ernährungsorgane dar, oder richtiger: die Organe zur Aufnahme der Nahrung. Die Blätter beſitzen, wie wir ſchon ſahen, ſogenannte Spaltöffnungen, durch welche die Luft ſamt der Kohlenſäure in das Innere des Blattes tritt. Die Wurzeln beſitzen an ihren Spitzen ſehr feine Schläuche, die uns ſchon bekannten Wurzelhaare, die, ohne eine Öffnung zu haben, das Waſſer aus der Erde aufſaugen. Dabei iſt es auffallend, daß dies noch vor ſich geht, auch wenn unſer Auge und Gefühl gar kein Waſſer mehr im Boden erkennen kann, was zum guten Teil daher kommt, daß dieſe feinen Haare mit den Körnchen des Bodens geradezu verwachſen: wenn man ein junges Pflänzchen aus dem Boden herauszieht, ſo erſcheinen ſeine Wurzeln wie mit einem Mantel von Erde umgeben. Nach dem

Diffusionsgesetze aber vermag Wasser mit den in ihm gelösten Salzen durch eine tierische oder pflanzliche Haut hindurchzudringen.

Die Wurzeln sind nun aber nur die Aufnahmeorgane des Wassers; seine Verbrauchsorte hingegen sind hoch oben im Licht die Blätter und die Stellen, wo die Pflanze wächst; dorthin muß es also geleitet werden. Die zweite wichtige, mit der Ernährung eng zusammenhängende Frage ist also die nach der Leitung des Wassers.

Wir haben schon erörtert, daß die Pflanze von Gefäßbündeln durchzogen ist und daß diese die Leitbahnen für Wasser und andere Stoffe darstellen; und zwar sind es die verholzten Zellwände, welche die eigentümliche Eigenschaft besitzen, das Wasser schnell in sich fortzuleiten; das übrige Gewebe ist zwar auch zur Aufnahme und Leitung des Wassers befähigt, allein nie in dem Grade wie die verholzten Zellen. Die Frage nach dem Ort der Wasserleitung ist freilich noch nicht völlig erledigt, man neigt aber zu der eben gegebenen Antwort. — Die andere Frage, durch welche Kräfte das Wasser in der Pflanze gehoben wird, ist auch nicht endgültig gelöst. Man hat die Kapillarität (Haarröhrchenanziehung) herangezogen, und gewiß wirken die feinen Gefäße wie Haarröhrchen; allein das Wasser wird ja mehr in den Wänden geleitet. Auch weiß man, daß die Saughaare an den Wurzeln das Wasser ihrer Umgebung mit großer Kraft aufsaugen und daß das Wasser dann in die Höhe getrieben wird, so daß es an einer Schnittfläche des Stammes hervorquillt, eine Erscheinung, die man als das Tränen, z. B. der Weinstöcke, bezeichnet; man nennt diese Kraft den Wurzeldruck. Allein auch er vermag das Aufsteigen des Wassers nicht völlig zu erklären, zumal da er das Wasser nicht so hoch heben kann. Es scheinen hierbei mehrere Kräfte zusammenzuwirken.

Noch eine andere Erscheinung steht offenbar in wichtigem

Zusammenhang mit der Wasserleitung, das ist die Wasserverdunstung oder Transpiration. Die Blätter geben fortwährend an ihrer Oberfläche dampfförmiges Wasser ab — das kann man leicht beobachten, wenn man eine Blattpflanze an ein von außen abgekühltes Fenster stellt, so daß ihre Blätter das Glas berühren. Durch diese Wasserabgabe wird die Lösung der verschiedenen Stoffe in den Pflanzenzellen konzentrierter. Da nun aber zwischen benachbarten Zellen das Bestreben herrscht, das Gleichgewicht im Grade der Konzentration ihres Zellsaftes wiederherzustellen, so geht daraus hervor, daß von Zelle zu Zelle eine Wasserwanderung stattfinden muß, die endlich am untern Ende der Pflanze eine Wasseraufnahme aus dem Boden veranlaßt; ein völliges Gleichgewicht aber wird dadurch nicht hergestellt, weil ja durch die Transpiration sofort wieder Wasser abgegeben wird. Diese Erscheinung ist sicherlich eine der Hauptursachen für die Emporleitung des Wassers in der Pflanze.

Wir haben gesehen, daß man in dem Grundgewebe des Blattes zwei Schichten erkennen kann, die Palisadenschicht und das Schwammparenchym. Die Palisadenschicht ist das Ernährungsgewebe, das Schwammparenchym ein Transpirationsgewebe, das ein weites System von Luftkanälen darstellt und in direkter Verbindung mit der Atemhöhle steht, dem Raum unter den Spaltöffnungen, die auf der Seite des Schwammparenchyms und nicht etwa des Palisadenparenchyms liegen. Der Mechanismus ist nun einfach: wenn das Kanalsystem des Schwammparenchyms mit Wasserdampf aus den umgebenden Zellen angefüllt ist, so wird dieser durch die nun sich erweiternde Spaltöffnung herausgelassen; ist dagegen kein Überfluß an Wasserdampf vorhanden, so schließen sich die Spaltöffnungszellen. Transpiration und Wurzeldruck werden sich nun entgegenkommen und gemeinsam den aufsteigenden Strom des mit Nährsalzen ver-

ſehenen Waſſers veranlaſſen. Es muß aber auch zuzeiten der Wurzeldruck allein genügen, um den Strom zu veranlaſſen, ſo z. B. im Frühjahr, wenn noch keine ausdünſtenden Blätter vorhanden ſind. Tatſächlich iſt dann der Saftſtrom auch ein beſonders kräftiger. — Nach dem Geſagten iſt nun aber auch die ſonſt recht auffällige Tatſache erklärlich, daß die Pflanze ſo viel Waſſer aufnimmt und wieder abgibt. Das Waſſer iſt nämlich zum kleineren Teil Nähr- und Konſtitutionswaſſer, zum größeren dagegen lediglich das Fuhrwerk für die Salze, welche die Pflanze notwendigerweiſe aus dem Boden aufnehmen ſoll, deren ſie ſich aber auf andere Weiſe nicht, jedenfalls nicht in genügender Menge, bemächtigen könnte.

Mit der Tranſpirationserſcheinung ſind nun noch manche andere Nebenerſcheinungen verbunden, die des Intereſſanten gar vieles bieten. So iſt z. B. ſchon bei der Beſprechung des inneren Baues der Pflanzen darauf hingewieſen worden, wie ſorgfältig die Bahn des Waſſerſtromes ſeitlich iſoliert iſt, ſei es durch Verkorkung der äußeren Oberhautmembran oder der Korkzellen oder durch einen Wachsüberzug oder dadurch, daß die Schließzellen der Spaltöffnung tief in einer Grube liegen. — Ein ganz außerordentlich intereſſantes Gebiet bilden die Vorkehrungen zur Verhütung der übermäßigen Tranſpiration. Einige Beiſpiele mögen das veranſchaulichen. Da gedenken wir des Haarkleides mancher Blätter, beſonders an Pflanzen, die an trockenen Standorten leben, in Steppen und Wüſten. Da erinnern wir ferner an die Sukkulenten oder Fettpflanzen, bei denen Verhütung zu ſtarker Tranſpiration und Waſſerſpeicherung zu gleicher Zeit ſo ſchön durchgeführt iſt. Da ſind die Rutengewächſe, deren rutenförmige grüne Zweige eine bemerkenswerte Reduktion der Blätter offenbaren und dabei ſelbſt die Aſſimilation übernehmen (unſere Ginſterarten, Beſenſtrauch). — Sehr intereſſant iſt in dieſer Hinſicht auch die Stellung der Blätter. Es gibt Pflanzen, deren Blätter

ſich parallel zu den Strahlen der Sonne ſtellen und dadurch einer zu ſtarken Tranſpiration entgegenarbeiten; ja, das kann ſo weit gehen, daß die Blätter ihre Lage zuzeiten je nach Bedarf ändern.

Im vorſtehenden iſt die Aufnahme von Waſſer nebſt Nährſalzen erörtert; es erübrigt noch von der Aufnahme der anderen Elemente, alſo vor allem des Stickſtoffs und des Kohlenſtoffs, zu ſprechen. Der Stickſtoff gelangt meiſtens in Geſtalt von ſalpeterſauren Salzen mit dem Waſſer in die Pflanze. Es erſcheint verwunderlich, daß der freie Stickſtoff der Luft, der doch in großen Mengen vorhanden iſt, von den Pflanzen verſchmäht wird. Man kennt allerdings ſchon lange einige Pflanzen, die Hülſenfrüchtler oder Leguminoſen, welche auf einem ungedüngten, ſtickſtoffreien Boden gedeihen. Aber erſt in den letzten Jahren hat man die Beobachtung gemacht, daß die hierbei offenbar zu Tage tretende Fähigkeit der Ausnutzung des atmoſphäriſchen Stickſtoffs ihren Grund in einer ſonderbaren Genoſſenſchaft dieſer Pflanzen mit Bakterien hat. Jene Leguminoſen haben an den Wurzeln kleine Knollen, und in dieſen ſitzen in einem parenchymatiſchen Gewebe unzählige Bakterien; man nimmt jetzt an, daß dieſe Weſen in irgend einer Weiſe die Ausnutzung und Zuführung des Stickſtoffs der Luft bewirken.

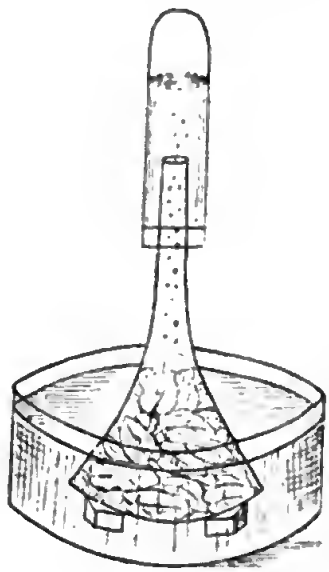

Fig. 96.
Entwicklung von Sauerſtoff bei der Aſſimilation. 1/5.

Der Kohlenſtoff, den die Pflanzen brauchen, ſtammt einzig und allein aus der Luft, in welcher er in Geſtalt von Kohlenſäure in geringem Prozentſatz vorhanden iſt, in die er aber auch immer wieder durch die Atmung von Menſchen und Tieren kommt.

Forſchen wir nun weiter nach dem

Ernährungsvorgang der Pflanzen, so ist folgender Versuch von großer Bedeutung. Wenn man in kohlensäurehaltiges Wasser einige Wasserpflanzen bringt und das Gefäß in die Sonne stellt, so sieht man bald von den Pflanzen, besonders den Stengelschnittflächen, kleine Gasbläschen aufsteigen, die sich bei näherer Untersuchung als Sauerstoff erweisen; durch einen geeigneten Versuch läßt sich dasselbe auch bei Landpflanzen beobachten. Man tut (Fig. 96) grüne Pflanzen in einen Trichter, dessen Rohr man in ein Probierröhrchen steckt, füllt beides mit Wasser, setzt den Trichter umgekehrt in Kohlensäure enthaltendes Wasser und stellt den Apparat in die Sonne. Es entwickelt sich Sauerstoff, der in dem Röhrchen emporsteigt. Die Pflanzen nehmen also Kohlensäure auf und scheiden Sauerstoff aus.

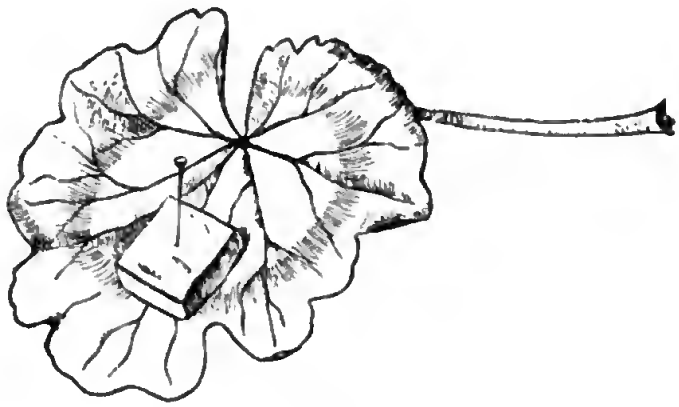

Fig. 97.
Geraniumblatt mit Korkstückchen, 1/2.

Aus vielfachen Versuchen geht ferner hervor, daß dies nur die grünen Pflanzen vermögen, nicht aber die Parasiten (z. B. Pilze). Das Blattgrün muß demnach die eigentliche Stätte der Assimilation sein. Aber mit dem Blattgrün allein ist es nicht getan; es kommt noch ein mächtiger Faktor hinzu, um die Assimilation zu ermöglichen: das ist das Licht. Zahlreiche Beobachtungen weisen mit Bestimmtheit darauf hin, daß das Licht einen großen Einfluß auf die Assimilation ausübt, ja daß durch andauernde Lichtentziehung Krankheit und Tod der Pflanze hervorgerufen werden können. Das Licht hat Einfluß sowohl auf die Bildung als auch auf die Tätigkeit

des Chlorophylls. Wenn man Pflanzen im Keller wachsen läßt, so bleiben sie bleich und bilden lange, dünne Triebe; sie werden geil, wie man sagt.

Die weitere hochwichtige Frage ist nun, wie denn im Innern der Zelle die Assimilation vor sich geht. Wir sind darüber durchaus noch nicht völlig aufgeklärt, wissen aber, daß dieser Vorgang in einer Zersetzung von Kohlensäure und Wasser besteht, wobei eben Sauerstoff ausgeschieden wird. Die andere Frage, was denn nun dabei entsteht, ist ungleich schwieriger zu beantworten. Vielleicht bildet sich zuerst eine Art Zucker, jedenfalls ist aber eines der ersten Assimilationsprodukte Stärke, was man mikroskopisch feststellen kann: man sieht in den Blattgrünkörnern kleinere Stärkemehlkörnchen auftauchen. Aber auch durch einen anderen einfachen Versuch läßt es sich erkennen. Durch Jodlösung wird Stärke blaugefärbt. Wenn man nun ein noch am Stengel befindliches Blatt zum Teil mit Stanniol oder mit Korkstückchen (Fig. 97 und 98) bedeckt, und es nach einigen Stunden vom Stengel trennt und in kochendes Wasser und dann in heißen Alkohol bringt, so lösen diese beiden Flüssigkeiten viele Stoffe, besonders das Blattgrün, in dem Blatte auf, so daß es bleich wird, nicht aber die Stärke. Legt man das Blatt nunmehr in Jodlösung, so wird es an den nicht vom Kork bedeckten Stellen blau; es ist also hier, wo die Sonnenstrahlen frei wirken

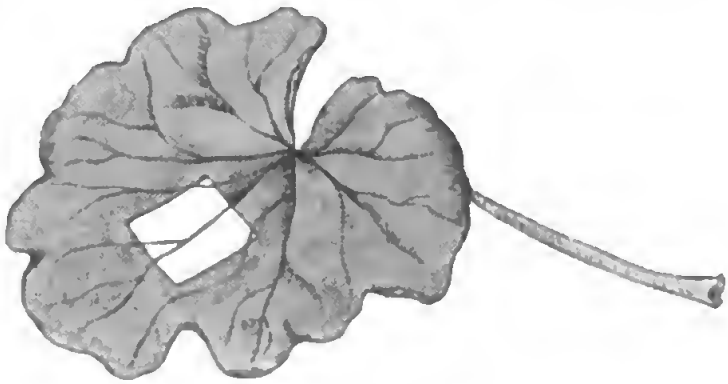

Fig. 98.
Dasselbe Blatt nach Belichtung und Behandlung mit Wasser, Alkohol und Jodlösung, ½.

konnten, Stärke entstanden, an den bedeckten Stellen aber nicht.

Bezüglich der Frage nach der Benutzung der Salze beim Ernährungsvorgang ist folgendes zu bemerken: Die Eisensalze sind zur Bildung des Chlorophylls nötig, Kalium- und Magnesiumsalze spielen bei der Eiweißbildung eine Rolle; schwefelsaure, phosphorsaure und salpetersaure Salze führen der Pflanze Schwefel, Phosphor und Stickstoff bei der Eiweißbildung zu. Dagegen ist die Bedeutung des Kalziums noch nicht ganz klar; wahrscheinlich dient es zur Bindung der bei der Assimilation entstehenden giftigen Oxalsäure, wobei sich oxalsaurer Kalk kristallisiert ausscheidet, der dann als Gift ein Schutzmittel gegen Tierfraß bilden kann.

c) Der Stoffwechsel.

Wenn auch die Stärke nicht der erste in der Assimilationszelle entstehende Körper ist, so kann man sie doch als die Grundlage fast aller anderen Pflanzenstoffe ansehen. Diese gehen also aus Stärke, oft unter Benutzung anderer Stoffe hervor. Das sind in erster Linie die anderen Kohlehydrate, wie Zucker und Zellulose. Da sie dieselbe oder doch ähnliche chemische Zusammensetzung haben wie Stärke, so ist ihre Entstehung aus dieser leicht denkbar. Aber auch für die zweite wichtige Gruppe von Pflanzenstoffen, die Fette, ist ein derartiger Zusammenhang erweisbar, ebenso für die Eiweißstoffe, wobei das sogenannte Asparagin eine Rolle spielt. Diese drei Stoffgruppen genügen vollständig zum Aufbau aller Pflanzenorgane, wie ihr Vorhandensein in Reservestoffbehältern beweist. Die in den Assimilationsstätten entstandenen Stoffe wandern in die Teile des Pflanzenkörpers, wo Neubildung stattfindet, also vor allem nach den Vegetationskegeln und zur werdenden Frucht, wo alles, was gebildet ist, verbraucht wird. Allein mit der steigenden Jahreszeit nehmen die Neu-

bildungen ab, und es muß daher, da die Assimilationstätigkeit noch andauert, Stoff entstehen, der nicht sofort verbraucht wird und der sich daher in allerhand Reservestoffbehältern ansammelt.

Die in den Reservestoffbehältern aufgespeicherten Baustoffe befinden sich in einem ruhenden, passiven Zustand und sind oft im Zellsaft unlöslich; sollen sie Verwendung als Baumaterial finden und zu den Baustätten wandern, so müssen sie in einen anderen, aktiven Zustand übergeführt werden. Dies geschieht durch sogenannte Enzyme, Stoffe, die trotz ihrer kleinen Menge große Massen von Reservestoffen umwandeln können, so z. B. die bekannte Diastase, das Enzym, welches in der keimenden Gerste die Stärke in Zucker umwandelt. Zu den Eiweiß lösenden Enzymen müssen z. B. auch die Stoffe gehören, welche bei den insektenfressenden Pflanzen die „Verdauung" der organischen Nahrung bewirken. Da die unlöslichen Reservestoffe Stärke, Fette und Eiweißstoffe sein können, so muß es auch dreierlei Enzyme geben, je nachdem sie den einen oder anderen Reservestoff aufzulösen imstande sind.

Was die Leitungsbahnen für diese Baustoffe anbelangt, so wandern die Eiweißstoffe in den Siebröhrenteilen, die anderen im Parenchym, besonders der Rinde. Die Kraft, welche diese Wanderung veranlaßt, ist offenbar in dem Wachstum an den Neubildungsstätten zu suchen. Es findet dort ein starker Verbrauch an Stoffen statt, so daß die noch vorhandenen Stoffe angezogen werden.

Die Vorgänge, durch welche die mannigfachen anderen Stoffe aus den ersten Assimilationsprodukten entstehen, namentlich Glukoside, Pflanzensäuren, Alkaloide, ätherische Öle, sind noch vielfach dunkel.

Die zuletzt erörterten wichtigen Vorgänge lassen sich unter dem Begriff des Stoffwechsels zusammenfassen, der die Grundlage des gesamten Pflanzenlebens bildet.

Es sei hier noch einmal kurz darauf hingewiesen, daß nicht alle Pflanzen die eben beschriebene regelrechte Assimilation zeigen, denn letztere ist ja an das Blattgrün gebunden, und dieses fehlt manchen Pflanzen. Es sind das die weitverbreiteten Gruppen der Fäulnisbewohner (Saprophyten) und Schmarotzer (Parasiten), sowie z. T. der insektenfressenden Pflanzen, bei denen übrigens doch noch Assimilation stattfindet, so daß die andere Ernährungsweise nur eine Aushilfe ist. Diese zweite Art der Ernährung besteht darin, daß die Pflanze ihren Bedarf an Kohlenstoff und Stickstoff nicht in Gestalt von Kohlensäure und Salzen deckt, sondern durch Aufnahme von organischen Stoffen aus ihrer Umgebung, seien es nun tote, in Fäulnis übergehende oder lebende Wesen.

d) Die Atmung.

Mit den vorstehenden Erörterungen ist der Ernährungsvorgang noch nicht erschöpft. Es ist zur Erhaltung der allgemeinen Lebensbewegung in der Pflanze noch eine gewisse Anregung nötig, und diese geht von einem Vorgang aus, welcher bei der Pflanze zwar nicht die Ausdehnung wie beim Tiere annimmt, aber doch auch bei ihr nicht fehlen darf. Das ist die Atmung. Man versteht darunter die Aufnahme von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlensäure, d. h. also einen der Assimilation gerade entgegengesetzten Vorgang. Während dieser ein sogenannter Reduktionsprozeß ist, bei dem Sauerstoff frei wird, ist jener eine Verbrennung oder Oxydation. Der von außen aufgenommene Sauerstoff verbrennt in den Geweben der Pflanze einen Teil des organischen Stoffes (in erster Linie wohl Kohlehydrate), wobei Kohlensäure entsteht, welche die Pflanze gleich dem Tier ausatmet.

Die Bedeutung dieses Vorgangs ist einleuchtend: die Verbrennung ist stets mit einer Stoffverminderung verbunden;

dadurch aber wird das innere chemiſche Gleichgewicht der Pflanze geſtört, und weil ſie beſtrebt iſt, es wiederherzuſtellen, iſt dies eine Anregung zur Neubildung organiſchen Stoffes und daher ein wichtiger Faktor für die Lebensbewegung der Pflanze. Ohne die Atmung findet ein Stillſtand im Stoffwechſel ſtatt, der allgemach tödlich wirken kann.

Da Atmung und Aſſimilation entgegengeſetzte Vorgänge ſind, ſo liegt auf der Hand, daß ihre Bedingungen auch nicht die gleichen zu ſein brauchen. Tatſächlich findet daher auch die Atmung vor allem bei Lichtabſchluß ſtatt; allein es iſt doch nicht ſo, daß ſie an Dunkelheit der Umgebung gebunden wäre, vielmehr findet ſie auch im Lichte ſtatt. Die Aſſimilation bei Tage und im Licht iſt aber ſo bedeutend, daß viel mehr Neubildung ſtattfindet als Verbrennung, ſo daß alſo bei Tag die Aſſimilation die Atmung überwiegt. Dagegen werden Gewebe, welche kein Blattgrün enthalten, alſo Blüten und Knoſpen und keimende Samen, lediglich atmen. Das erlaubt auch einen ſchönen Verſuch über die Atmung (Fig. 99): man bringt feuchte, keimende Samen in eine Flaſche, darüber einen Wattenpfropf, kehrt ſie um und taucht ſie mit der Mündung in Queckſilber, ſodann bringt man noch in die Flaſche (über dem Queckſilber) Ätzkali, die Samen atmen, d. h. erzeugen Kohlenſäure, die vom Ätzkali aufgenommen wird, das Queckſilber ſteigt dann in der Flaſche in die Höhe. Selbſtverſtändlich wird die Atmung bei Schmarotzern uſw. ganz beſonders deutlich zu beobachten ſein; denn ſie entſprechen ja phyſiologiſch vollſtändig den Tieren.

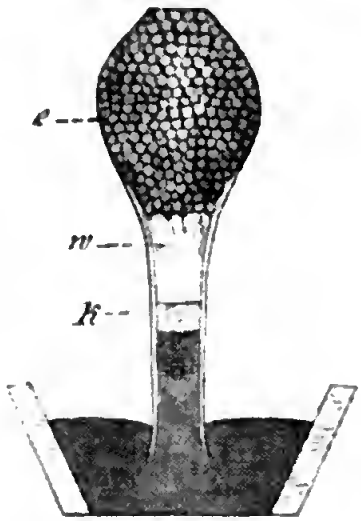

Fig. 99.
Atmungsverſuch, e Erbſen, w Wattepfropf, k Ätzkali, ¼.

Jede Verbrennung ist, wie die tägliche Erfahrung lehrt, mit einer Wärmeentwicklung verbunden. Auch bei der Verbrennung der organischen Stoffe im Körper wird Wärme frei, wie sich dies beim Tiere zeigt. Dagegen macht es sich bei der Pflanze weniger bemerkbar; die Atmung ist ja hier zumeist von der Assimilation verdeckt; ferner teilt sich die entstehende Wärme schnell den großen Wassermassen in den Geweben mit, und endlich bietet die große Flächenausdehnung am Pflanzenkörper viel Gelegenheit zur Wärmeausstrahlung. Nichtsdestoweniger läßt sich an stark atmenden Pflanzenteilen eine Selbsterwärmung durch geeignete Vorkehrungen feststellen, besonders bei keimenden Samen und sich öffnenden Blütenknospen. Ist der Grad der Wärmeentwicklung auch gering, so beobachtete man doch z. B. bei den Blütenkolben des italienischen Aronsstabs eine Selbsterwärmung bis zu 40, ja 44° Celsius, eine Temperatur etwa wie die des menschlichen Blutes. Hierher gehört auch die wunderbare Erscheinung, daß am Rand der Firnfelder manche Alpenpflanzen (z. B. Soldanellen) ihre Blüten durch den Schnee bohren, indem die in den Blütenknospen sich entwickelnde Wärme den Schnee zum Schmelzen bringt.

Schließlich sei noch angeführt, daß auch das Leuchten mancher Pilzgewebe auf Rechnung der Atmung zu setzen ist (Phosphoreszenz). An Stelle der Wärmeentwicklung tritt hier die Entwicklung von Licht. Beim sogenannten leuchtenden Holz leuchtet nicht das Holz, sondern das Pilzgewebe, von dem das Holz durchwuchert ist.

2. Das Wachstum.

Die nächste Folge der Ernährung ist das Wachstum; denn die durch die überwiegende Assimilation erzeugte Menge von Baustoffen ersetzt nicht nur die in der Atmung verbrannten Teile des Pflanzenkörpers, sondern es wird noch eine ganze

Menge erübrigt, welche nun besonders in der Höhe der Vegetationsperiode zur Bildung neuer Pflanzensubstanz verwendet wird, wodurch eine Vergrößerung und Gestaltveränderung der Pflanze, d. h. deren Wachstum, bewirkt wird.

Man kann jedoch nicht jede Vergrößerung des Pflanzenkörpers als Wachstum bezeichnen; vielmehr ist nötig, daß die Vergrößerung eine bleibende ist. Wenn manche getrocknete Pflanzen (Algen) in Wasser gelegt werden, so quellen sie auf; dies ist aber kein Wachstum. Denn wenn das Wasser wieder verdunstet, so schrumpft der Körper gleich einem Schwamm wieder auf seine frühere Gestalt und Größe zusammen.

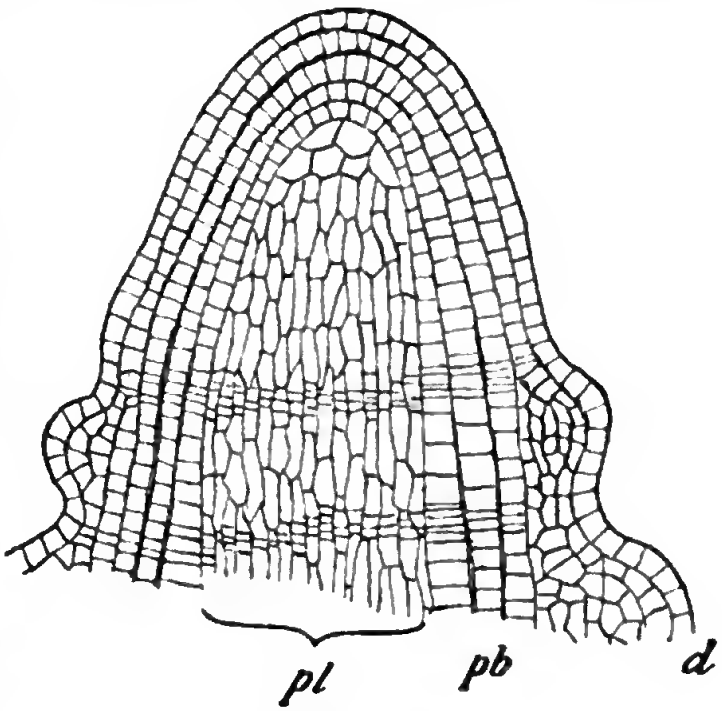

Fig. 100.
Meristem des Vegetationskegels.
d Dermatogen, pb Periblem, pl Plerom; sehr stark vergrößert.

Die wichtigste Bedingung des Wachstums ist natürlich die Ernährung; ferner ist es abhängig von Licht und Wärme, sowie von der Schwerkraft und anderen mechanischen Kräften. Das Wachstum geht aus von den sogenannten Vegetationskegeln, wo die neuen Organe angelegt werden. Nachdem die letzteren eine Zeitlang in embryonalem Zustand verharrt haben, strecken sie sich, um ihre endgültige Gestalt und Größe zu erreichen, und dann beginnt in ihnen die innere Ausbildung. Diese Vorgänge wiederholen sich an den fortwachsenden

Achsen beständig, bis ihnen die Unterbrechung der Vegetationsperiode ein Ziel setzt. Die embryonale Wachstumsstufe zeichnet sich aus durch andauernde neue Zellbildung mittelst Teilung der Zellen am Vegetationskegel, eine Vergrößerung des Gesamtvolumens ist hier nicht zu beobachten. Die Zellen (Fig. 100) sind hier sehr zart und teilungsfähig und sondern sich im allgemeinen in 3 Urgewebe: Plerom, aus dem der Gefäßbündelzylinder entsteht, Periblem, das der Rinde, Dermatogen, das der Oberhaut den Ursprung gibt. Die zweite Stufe der Streckung hingegen zeigt vor allem ein Längenwachstum vorhandener Zellen, also auch des ganzen Organs; auf der dritten Stufe erfahren sie ihre weitere innere Ausbildung (Dickenwachstum der Zellen und dergl.). Daß diese Stufen an dem fortwachsenden Stengel ganz allmählich ineinander übergehen, ist selbstverständlich. Natürlich wird es besonders die zweite genannte Stufe sein, auf welcher das eigentliche Wachstum stattfindet.

In der größten Zahl der Fälle ist das Wachstum eng mit Zellteilung verbunden, bezw. es wird von ihm eingeleitet; dabei ist es natürlich sehr von der Richtung der Zellteilungen abhängig: erfolgen diese immer nur in einer Richtung, so ist das Ergebnis ein fadenförmiges Organ; wenn in zwei Richtungen, so entsteht eine Fläche, und endlich, wenn in drei Richtungen, ein Körper. Alle Fälle finden wir sowohl an ganzen Pflanzen (Algen, Pilze) als auch an einzelnen Organen; bei den höheren Pflanzen überwiegt das körperliche Wachstum. Daß die Zellteilungen am Vegetationskegel nach bestimmten Gesetzen erfolgen, ist selbstverständlich.

Bei den Zellteilungen läßt sich das allgemeine Gesetz beobachten, daß die neuen Wände auf den alten senkrecht stehen, dadurch kommt am Vegetationskegel ein eigenartiges Bild zustande: Linien, welche dem Umfang parallel laufen (Periklinen), und solche, welche auf ihm senkrecht stehen (Antiklinen).

Wichtig ist vor allem noch die Frage nach dem Einfluß der äußeren und inneren Kräfte auf die Gestaltung der wachsenden Pflanze.

Es ist hierbei namentlich festzuhalten, daß es neben äußeren Kräften noch innere, uns unbekannte Kräfte gibt, welche bei den Wachstumsvorgängen mitwirken. Jene äußeren Kräfte wirken ja auf alle Pflanzen in gleicher Weise ein, trotzdem aber sind die Wirkungen ganz verschieden; das muß also an der besonderen Eigenart der verschiedenen Pflanzen liegen. Zunächst ist es daher auch die innere Natur der Pflanze, welche bewirkt, daß die Wurzeln an dem abwärtsgerichteten, die Sprosse auf dem aufwärtsgerichteten Teil der Pflanze entstehen. Andererseits wird aber dasselbe Ergebnis durch zwei andere Kräfte erreicht: die Schwere bewirkt, daß die Stoffe, aus denen die Wurzeln entstehen, nach unten wandern, die dagegen, welche Sprosse und Blätter erzeugen, aufwärts steigen; ferner weiß man, daß auch das Licht in demselben Sinne wirkt, weil Wurzeln auf der vom Lichte abgekehrten, Sprosse und Blätter auf der ihm zugewandten Seite entstehen. Wenn eine Pflanze über den Boden hinkriecht, wie sich dies namentlich bei niederen Pflanzen (Moosen) zeigt, so entstehen die Wurzeln auf der Bauchseite, die Blätter an der Rückenseite. Wenn auch Schwere und Licht diese Wirkung haben, wie sich an geeigneten Versuchen zeigen läßt, so sind die dabei auftretenden Verschiedenheiten doch in letzter Linie auf innere Ursachen zurückzuführen, die wir noch nicht kennen.

Es ist aber sehr wichtig, sich wenigstens eine Vorstellung von dem Verhältnis zwischen den inneren und äußeren Ursachen des Wachstums zu machen. Wir fassen dasselbe so auf: die eigentliche Ursache des spezifisch so verschiedenartigen Wachstums liefert die innere Konstitution der Energiden (des Plasmas), die darnach auch spezifisch verschieden sein muß. Die sog. äußeren Wachstumsursachen sind eigentlich Wachs-

umsreize, die entweder auslösend (z. B. Nahrung, Wasser, Wärme) oder regulierend (z. B. Schwerkraft, Licht) wirken. Ein Beispiel mag es deutlich machen. Eine Knospe wächst und entfaltet sich nur, wenn die Energiden ihrer Blättchen und des Vegetationskegels noch leben, sonst bleibt sie sicher unverändert. Die mit lebenden Energiden versehene Knospe wächst aber auch nur dann, wenn sie erweckt, ihre schlummernde Energie ausgelöst wird. Das geschieht durch die Wärmestrahlen der Frühlingssonne und durch die aufs neue zuströmenden Nahrungsstoffe. Das nun eintretende Wachstum wird in seiner Richtung reguliert durch Schwerkraft und Licht, die neuen Blättchen strecken sich also z. B. der Lichtquelle entgegen.

Bezüglich der äußeren Wachstumsreize ist folgendes zu sagen. Die Wirkung der Nahrungsstoffe und ihre Notwendigkeit liegt auf der Hand. Hier sei nur noch der Tatsache gedacht, daß die Pflanze den Nahrungsstoffen gegenüber ein eigenartiges Wahlvermögen besitzt, das wir auf die spezifische Konstitution der Energiden zurückführen müssen.

Wir haben schon einer Wirkung der Schwerkraft auf die wachsenden Organe der Pflanze, die nicht mehr im embryonalen Zustand zu sein brauchen, gedacht: die Wurzel wächst in der Richtung der Schwere, sie ist positiv geotropisch; der Stengel dagegen wächst in entgegengesetzter Richtung, er ist negativ geotropisch. Wird ein in Streckung begriffener Sproß wagerecht gelegt, so krümmt er sich nach oben (wenn seine Zellen verholzt sind, ist dies natürlich nicht mehr möglich). Da sich dann zu gleicher Zeit auch eine Wasseranhäufung in den Zellen der Sproßunterseite (der konvexen Seite) nachweisen läßt, so hat man dies mit der Krümmung in ursächlichen Zusammenhang gebracht. Bemerkenswert ist es, wie die Knoten der Grashalme noch lange ihren Geotropismus behalten. Wird ein ausgewachsener Grashalm wagerecht umgelegt, so beginnt er sich am Knoten zu

krümmen, indem die der Unterlage zugekehrte Seite sich verlängert, die Oberseite sich verkürzt, wodurch es dem nach starkem Hagelschlag liegenden Grase ermöglicht ist, sich wieder zu erheben. — Für diesen ursächlichen Zusammenhang zwischen Schwerkraft und Wachstum liefert folgender Versuch einen schönen Beweis: läßt man Samen auf der sich schnell drehenden Scheibe einer Zentrifugalmaschine keimen, so wachsen die Wurzeln wagrecht nach außen, die Sprosse wagrecht nach innen.

Die Wirkung des Lichts auf die sich streckenden Pflanzenteile erkennt man deutlich aus dem schon berührten Versuch, Pflanzen im Dunkeln wachsen zu lassen: die Sproßachsen werden sehr lang, bleiben aber dünn, die Blätter dagegen, wenigstens ihre Spreiten, werden bedeutend kleiner, und die Ausbildung des Blattgrüns unterbleibt. Es läßt sich übrigens denken, daß hierbei das aus Mangel an Blattgrün zu erklärende Ausbleiben der Assimilation eine sehr wichtige Rolle spielt. Man bezeichnet diese abnorme Wachstumerscheinung als „Etiolement"; das Licht hemmt also und Lichtausschluß fördert das Längenwachstum. Ähnliches zeigen einseitig beleuchtete Sprosse: indem die vom Licht abgekehrte Seite stärker, die andere schwächer in die Länge wächst, macht das betreffende Organ eine Krümmung nach dem Licht hin, was man als positiven Heliotropismus bezeichnet. Es gibt aber auch einen negativen; manche Ranken z. B. krümmen sich nach der weniger beleuchteten Seite (Wein), die Fruchtstiele mancher Pflanzen, z. B. vom Mauer-Leinkraut, wachsen in dunkle Mauerritzen hinein, wo die Früchte dann zur Reife kommen.

Daß auch die Wärme auf das Wachsen der Pflanzen Einfluß hat, läßt sich denken: unter einer für jede Pflanze eigenen Temperaturgrenze hört das Wachstum auf, wie schon das Verhalten der Pflanzenwelt bei Eintritt der kälteren Jahreszeit zeigt. Von dieser Grenze an steigt die Energie

des Wachstums bis zu einem Höhepunkt und nimmt dann wieder ab bis zu einer oberen Temperaturgrenze, über die hinaus die Pflanze nicht mehr wächst (Minimum, Optimum, Maximum der Wachstumsenergie). Einen besonders wichtigen Einfluß hat das Waſſer auf das Wachstum. Die Zellen der embryonalen Wachstumsregion ſind ganz mit Plasma erfüllt; je größer ſie in der zweiten Streckungs-Region werden, deſto mehr Waſſer enthalten ſie. Dasſelbe wird von organiſchen Säuren und ihren Kaliſalzen angezogen, filtriert durch die Zellwand hindurch, wird aber von dem Plasma (Primordialſchlauch) zurückgehalten und ſpannt daher die Wände an; das nennt man Turgor. Die Ausdehnung der Zellwände durch Turgor iſt eine der wichtigſten Urſachen der Streckung eines Organs.

Die durch Wachstum hervorgerufenen Änderungen bewirken mit zwei anderen Erſcheinungen, nämlich dem Turgor und der Imbibition, das, was man als Gewebeſpannung bezeichnet. Wenn eine Zelle viel Waſſer aufgenommen hat und die Membran dann durch den Turgor angeſpannt wird, ſo wird dies die Sproßachſe mechaniſch kräftigen. Einen ſtarken Turgor zeigt das Mark, auch die inneren Gewebe den äußeren gegenüber; legt man z. B. einen geſpaltenen Blütenſchaft des Löwenzahns in Waſſer, ſo krümmt er ſich ſtark, weil die Innenfläche durch Turgor ſich verlängert. — Die Imbibition iſt eine der bemerkenswerteſten Eigenſchaften der Zellhaut; man verſteht darunter die Fähigkeit, zwiſchen die Moleküle der Membran Waſſermoleküle einzulagern, wodurch dieſelbe aufquillt. Dies geſchieht oft mit außerordentlicher Gewalt; man denke daran, welche Gewalt der quellende Same hat, ebenſo ein trockenes Stück Holz, das man mit Waſſer tränkt.

Die Längsſpannung des Marks einerſeits, der Rinde und des Holzes andererſeits iſt verſchieden. Das Mark iſt

bestrebt sich auszudehnen, Holz und Rinde sich zusammenzuziehen. Beides gleicht sich aus. Die Längsspannung nimmt mit dem Alter der Internodien zu und dann wieder ab. Als Ursache der Längsspannung ist wohl anzusehen, daß das Mark schneller wächst als Rinde und Holz und daß es wegen schneller Wasseraufnahme einen stärkeren Turgor zeigt. Daneben gibt es nun auch eine Querspannung. Löst man die Rinde vom Holz, so läßt sie sich nicht mehr vollständig um das Holz legen. Dieses hat also das Bestreben, sich auszudehnen, wird aber durch die entgegengesetzte Spannung der Rinde darin gehemmt. Es liegt auf der Hand, daß hierbei das Dickenwachstum sowie Turgor und Imbibition eine Rolle spielen. Es könnte merkwürdig erscheinen, daß die zarten Kambiumzellen nicht von dem Druck von innen und außen beeinflußt werden. Der Grund ist sicherlich der starke in den Kambiumzellen herrschende Turgor.

3. Die Reizbewegungen.

Das Leben besteht in einer Wechselwirkung des Organismus mit der Außenwelt. Die Außenwelt wirkt in gewissen Reizen auf den Organismus ein, und dieser antwortet darauf in bestimmter Weise. Diese Antwort besteht gewöhnlich in einer Bewegung. Natürlich ist aber nicht jede Bewegung eine Reizbewegung. Wenn man manche tote Pflanzen, z. B. Algen, Flechten oder die bekannte Rose von Jericho, in Wasser legt, so erfahren sie durch Aufnahme von Wasser eine Volumenänderung und vollführen dadurch eine Bewegung. Dies ist rein physikalisch zu erklären, also auch keine Reizbewegung, sondern eine mechanische Bewegung. Dagegen sahen wir, daß an einem Keimpflänzchen Schwerkraft, Licht und auch wohl Feuchtigkeit einen derartigen Reiz ausüben, daß die Wurzel nach unten, der Stengel nach oben wächst. Diese verschiedenartige Antwort auf einen und denselben

Reiz läßt sich nur derart erklären, daß das Leben hier eine besondere Rolle spielt; unsere physikalischen Gesetze lassen uns dabei durchaus im Stich. Es ist daher ein Unding, zu behaupten, daß die Lebenserscheinungen sich mechanisch erklären lassen, und wenn man auch von dem Begriff der „Lebenskraft", d. h. einer besonderen im Organismus wirkenden Kraft, abgehen zu müssen glaubte, so ist man dadurch der Erklärung der Lebenserscheinungen auch nicht um einen Zoll näher gekommen. Ja, ein neuerer Forscher, Kerner, erklärt, er nehme keinen Anstand, „jene mit keiner andern zu identifizierende Naturkraft, deren eigentümliche Wirkungen wir das Leben nennen, wieder als Lebenskraft zu bezeichnen".

Als den Träger des Lebens betrachten wir das Protoplasma; tatsächlich gehen auch alle Reizbewegungen entweder mittelbar oder unmittelbar von ihm aus. Tote, d. h. protoplasmalose Zellen antworten nicht auf einen Reiz, und das Protoplasma als solches zeigt auch Reizbewegungen, wie man an niedrigen Algen und Pilzen, an Schwärmsporen, ja auch an der lebenden Zelle höherer Pflanzen beobachtet. Diese Protoplasmabewegung erfolgt einmal durch Geißeln. Es gibt Schwärmsporen von Algen und Pilzen, welche fadenförmige Organe, Geißeln oder Cilien besitzen, durch deren schwingende Bewegung sie sich hin und her bewegen. Andererseits kann die Protoplasmabewegung amöboid sein, ähnlich den niedrigsten Rhizopoden, den Amöben, besitzen auch die Schleimpilze in gewissen Lebensstadien die Fähigkeit, fußartige Fortsätze des Plasmas auszustrecken und wieder einzuziehen und dadurch sich kriechend fortzubewegen. Über die strömende Bewegung der in den Zellen eingeschlossenen Energiden haben wir schon gesprochen.

Die Bewegungen von Organen lassen sich zunächst unterscheiden als solche, die an wachsenden Organen, und solche, die an ausgewachsenen stattfinden. Läßt sich bei der Bewegung

wachsender Organe eine äußere, sie veranlassende Ursache erkennen, so sind es Reizbewegungen, im anderen Fall dagegen Nutationsbewegungen.

Wir gehen zunächst auf die ersteren ein und weisen auf das zurück, was wir von Geotropismus und Heliotropismus gesagt haben; denn die darauf beruhenden Erscheinungen sind Reizbewegungen. Nur weniges sei hier noch hinzugefügt. Läßt man eine Bohne auf Quecksilber keimen, so wächst die Wurzel in dieses hinein; so stark ist also der Reiz und die Kraft des Protoplasmas, daß die Wurzel den starken Widerstand des Quecksilbers überwindet.

Es gibt sogenannte Ampelpflanzen und manche Mauerpflanzen (z. B. Mauer-Leinkraut), welche zu schwach sind, sich aufrecht zu erhalten; ihre Sproßachse folgt daher nicht dem Reiz der sie sonst aufrichtenden Schwerkraft, sondern sie wachsen der Erde zu. Wenn dagegen eine mit Windungsfähigkeit begabte Pflanze (Bohne) gezwungen wird, abwärts zu wachsen, so krümmen sich die noch in Streckung befindlichen Teile nach oben. Zu gleicher Zeit zeigt sich aber auch eine heliotropische Erscheinung; denn die Blätter wenden sich nach oben und kehren ihre Oberseite dem Licht zu. Eine wichtige Reizbewegung ist diejenige der sogenannten windenden Pflanzen. Daß hier auch Wachstum stattfindet, dürfte von vornherein klar sein; das Eigenartige ist dabei, daß die Zone stärkeren Wachstums stets nach außen liegt und dabei spiralig fortschreitet, was eine Spiralkrümmung der ganzen Sproßachse bewirkt. Wenn man eine windende Pflanze einer stetigen langsamen Drehung (am sog. Klinostaten) aussetzt, so windet sie nicht mehr. Das Winden erfolgt ferner immer nur an senkrechten Stützen nach oben; daraus geht hervor, daß hierbei ein Schwerkraftreiz wirksam ist, daß also das Winden auf einer besonderen Art von Geotropismus beruht.

Daß die Blätter unter dem Einfluß des Heliotropismus

eine bestimmte Stellung einnehmen, ist schon erwähnt worden; sie wenden ihre Assimilationsfläche (Oberseite) möglichst dem Lichte zu. Andererseits suchen sie sich auch oft durch ihre Stellung vor zu starker Bestrahlung durch die Sonne zu schützen. An jedem Baum und Strauch (z. B. Hasel) läßt sich leicht sehen, daß die wagerecht wachsenden Zweige sowohl als die senkrechten wagerecht gestellte Blätter besitzen. An Mauerpflanzen zeigt sich oft sehr schön, wie sich die Blätter, ein sog. Blattmosaik bildend, nebeneinander legen und sich gegenseitig Platz machen, ohne sich zu hindern (Glaskraut Fig. 53). Manche Früchte wenden sich dagegen umgekehrt dem Dunkeln zu.

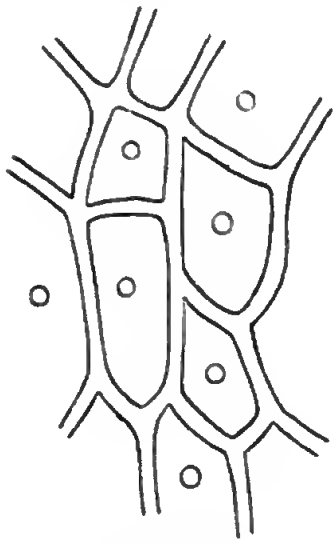

Fig. 101.
Zellen mit Fühltüpfeln von der Fläche, stark vergr.

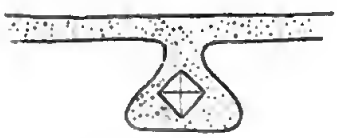

Fig. 102.
Fühltüpfel, stark vergr.

Zu den Reizen, welche eine Bewegung bewirken können, gehört auch Berührung und Reibung, das zeigen die Rankenpflanzen (s. Fig. 54). Die Gipfelenden derselben, sowie die jungen Ranken machen kreisende Nutationen (s. unten); hat eine Ranke jedoch eine Stütze gefunden, gleichviel ob vertikal, schief oder horizontal, so legt sie sich um dieselbe herum und umwickelt sie in mehreren Windungen, wobei der rückwärts gelegene Teil der Ranke sich auch spiralig aufrollt, ein Zeichen dafür, daß sich der Reiz auch fortpflanzt. Auch Wärme, Wasser und chemische Stoffe können Reizwirkungen hervorrufen.

An dieser Stelle müssen wir noch einer ganz neuen Entdeckung gedenken. Die mikroskopische Untersuchung der Ranken hat nämlich gezeigt, daß die Oberhaut feine Tüpfel

in der Außenwand besitzt, in den dadurch in der letzteren entstandenen Raum (Fig. 101 u. 102) ragt etwas Protoplasma der Oberhautzellen hinein und zwar enthält dasselbe an jener Stelle stets einen Kristall. Man betrachtet diese Organe als „Fühltüpfel“ oder Tastwerkzeuge. Bei der Berührung der als Stütze der Ranken dienenden Körper findet ein Druck auf die Tüpfelwandung statt und dieser überträgt sich auf das Protoplasma und den Kristall und von da weiter auf andere Zellen der Ranke.

Fig. 103.
Colchicum autumnale.
Herbstzeitlose, offene Blüte (am Tage).

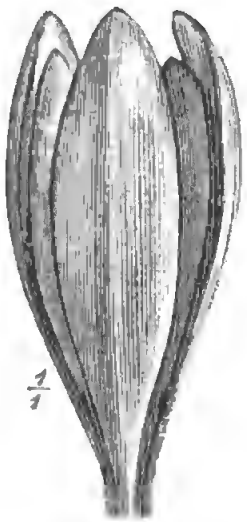

Fig. 104.
Dasselbe, geschlossene Blüte (bei Nacht).

Eine zweite Gruppe von Wachstumsbewegungen sind die Nutationsbewegungen, d. h. Krümmungen, welche sich auf ungleiches Wachstum von Ober- und Unterseite zurückführen lassen, wobei ein bestimmter äußerer Reiz nicht zu erkennen ist. Hier hört die Bewegungsfähigkeit auch mit Beendigung des Wachstums auf. Ähnlich ist es, doch mit periodischer Wiederholung, wenn eine Blattseite sich infolge stärkeren Wachstums bei Tag bezw. Nacht hebt: die Blätter vom Flachs heben sich in der Nacht, weil dann die Unterseite stärker wächst; beim Windenknöterich senken sie sich, weil die

Oberseite nachts stärker wächst. Ähnliches zeigen viele Blüten, die sich tags öffnen, nachts schließen oder umgekehrt (Herbstzeitlose Fig. 103 und 104). Diese Erscheinung tritt oft auch schon bei Schwankungen in der Beleuchtung ein (Tulpe).

Im Gegensatz zu den bisher erörterten Bewegungen hören die Variationsbewegungen mit der Streckung des Organs nicht auf, sondern erfolgen auf einen gewissen Reiz hin von neuem. Dahin gehört die Bewegung der Sinnpflanze (Mimosa pudica), deren Fiederblättchen und Blätter sich bei Erschütterung

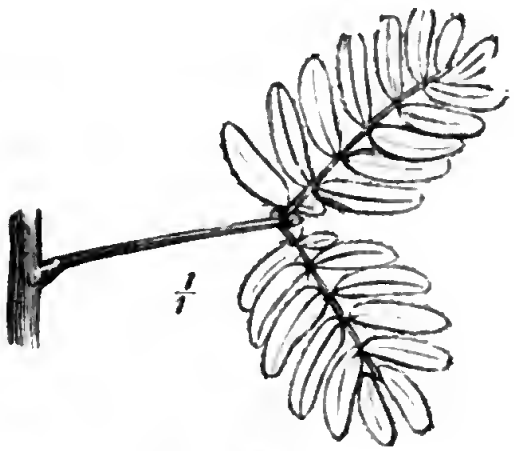

Fig. 105.
Mimosa pudica, Sinnpflanze, geöffnetes Blatt (in Ruhe).

Fig. 106.
Dieselbe, geschlossenes und gesenktes Blatt (nach Erschütterung).

senken (Fig. 105 und 106); ähnlich bewegen sich bei Berührung manche Staubgefäße (Kompositen, z. B. Kornblume). Die Bewegung beruht hier überall darauf, daß aus einem dann stets vorhandenen starken Parenchymgewebe (Schwellpolster) das Wasser in andere Zellen oder in Interzellularräume tritt. — Diese Variationsbewegungen sind auch oft die Antwort auf einen Licht- oder Temperaturreiz; so legen sich die Blätter der Sinnpflanze auch im Dunkeln zusammen, ähnlich die Blätter des Sauerklees und vieler Leguminosen (Klee, Wicke). Man nennt dies dann bezeichnend Schlafbewegung (Tag-

und Nachtstellung) und führt dieselbe auf die durch Turgor hervorgerufene Gewebespannung in den Zellen eines Schwellpolsters zurück.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß die hier erörterten Reizbewegungen eine Störung dadurch erleiden können, daß die Reize von außen zu stark sind. Das überreizte Organ verliert dann zeitweilig seine Beweglichkeit und befindet sich im Zustand der Starre. Die Ausdrücke Kältestarre, Wärmestarre, Dunkelstarre, Trockenstarre sind darnach leicht verständlich.

4. Die Fortpflanzung.

a) Die Arten der Fortpflanzung.

Die bisher besprochenen Verrichtungen bezwecken in erster Linie die Erhaltung des Einzelwesens. Damit ist aber der Endzweck des Lebens noch nicht erfüllt: jedes Lebewesen hat auch noch für die Erhaltung der Art zu sorgen, da ja sonst mit dem Tod der eben gerade die Erde bevölkernden Organismen alles Leben von ihr verschwinden würde. Es ist also ein für den Gesamthaushalt der Natur überaus wichtiges Kapitel des Pflanzenlebens, das wir zum Schluß noch zu behandeln haben.

Wir haben zunächst eine Reihe von Erscheinungen in Betracht zu ziehen, welche nicht sowohl der eigentlichen Fortpflanzung als vielmehr der Vermehrung angehören. Die Pflanzen haben nämlich vor den Tieren ein Vermögen voraus, das für sie sehr wichtig wird. Wenn man will, ist die Fortpflanzung bei den Pflanzen viel mehr als bei den Tieren einem gewissen Zufall unterworfen; es ist daher für sie von Bedeutung, daß sie Ersatzmittel besitzen. Das Tier hat einen viel einheitlicheren Körper als die Pflanze; die Organe sind bei ihm mehr von einem Grundgedanken beherrscht und werden von einem Zentralorgan, dem Nervensystem, regiert.

Die Pflanze hingegen bewahrt ihren Organen eine viel größere Selbständigkeit, und diese äußert sich vor allem darin, daß sich Teile der Pflanze loslösen und neue Pflanzen bilden können (vegetative Vermehrung). Jeder weiß, daß man durch Ableger, Absenker usw. eine Pflanze vermehren kann; wenn man einen Sproß von der Pflanze loslöst und in die Erde bringt, kann er selbständig werden: sein unterer Teil erzeugt Wurzeln, der obere wächst als Sproß weiter, dadurch ist der Anfang zu einer neuen Pflanze gemacht. Manche Pflanzen, wie z. B. die Schiefblätter (Begonien), gehen darin so weit, daß selbst ein Blattstück neue Pflanzen erzeugen kann.

Dem Prinzip nach gehört hierher auch die Vermehrung durch Ausläufer bei der Erdbeere, Knollen bei der Kartoffel, Zwiebeln beim Lauch, Brutknospen beim Zahnwurz (s. oben). Hingegen ist das Kopulieren, Pfropfen und Okulieren im Grunde etwas anderes, weil es sich dabei nicht sowohl um eine Vermehrung, als vielmehr um künstliche Veredlung einer Pflanze handelt, indem man einen Zweig oder ein „Auge" (d. h. eine Knospe) einer edlen Pflanzenrasse („Edelreis") auf eine unedlere („Wildling") aufsetzt. Bei nahe verwandten Arten findet dann eine Verwachsung der Wundstellen statt und der Wildling ernährt das Edelreis, ohne ihm aber seinen Charakter aufzudrängen, vielmehr bringen nur die neuen Zweige die edlen Blüten (Rose) oder edlen Früchte (Obstarten) hervor. Dies ist natürlich für gärtnerische Zwecke höchst wertvoll. — Die vegetative Vermehrung der Pflanze tritt vielfach dann ein, wenn die andere aus irgendwelchen Gründen nicht möglich ist. Manche Pflanzen sind auf sie angewiesen, besonders niedere Algen und Pilze (z. B. die Teilung der Bakterien).

Die Fortpflanzung im engeren Sinne ist eine geschlechtliche, d. h. die neue Pflanze entsteht als Produkt der Vereinigung von zwei Zellen (Gameten). Dieselbe

ist nun aber durchaus nicht im ganzen Pflanzenreich eine gleichartige, vielmehr zeigt sie mit der steigenden Ausbildung der Pflanzen auch eine Vervollkommnung. Es dient zum näheren Verständnis der Sache, wenn wir dieser Vervollkommnung zuerst kurz gedenken. Der allereinfachste Fall ist, daß die Pflanzen zwei gleiche Zellen bilden, deren Inhalt miteinander verschmilzt (manche Algen und Pilze). Ist dagegen ein Unterschied zwischen beiden Zellen zu beobachten, so trennt man sie als männlich und weiblich und bezeichnet den Vereinigungsvorgang als Befruchtung. Der auffallendste Unterschied zwischen beiden Zellen ist, daß die weibliche unbeweglich (Eizelle genannt), die männliche beweglich ist; doch fehlt es auch nicht an Beispielen, wo die männliche unbeweglich ist; so bei den die Kartoffelkrankheit erzeugenden Pilzen, sowie bei den Rotalgen (Florideen). Die Stufe der unbeweglichen Eizelle und beweglichen männlichen Zelle vertreten besonders Moose und Farne. Hier entsteht die Eizelle in einem einfachen, mehr oder weniger flaschenförmigen Gebilde, dem Archegonium, die Spermatozoiden genannten männlichen Zellen in keulenförmigen Antheridien. Die Spermatozoiden sind fadenförmige Zellen mit Geißeln oder Wimpern, welche sich auf einer feuchten Unterlage fortbewegen können. Da die Träger dieser Organe stets sehr kleine Pflänzchen sind, so vermögen die Spermatozoiden auf diese Weise leicht zu den Archegonien zu gelangen. Das Ergebnis der Befruchtung ist in dem einfachsten obengenannten Falle eine Zelle, die man Zygospore nennt und welche zu einer neuen Pflanze auswachsen kann. Ist eine Eizelle vorhanden, die durch ein Spermatozoid befruchtet wird, so nennt man die entstehende Spore eine Oospore; dagegen ist bei den Moosen das Ergebnis der Befruchtung die Bildung eines Sporogoniums, das heißt einer Mooskapsel, in der die Sporen entstehen. Unter

Sporen versteht man die einzelligen Fortpflanzungskörperchen, aus denen durch Keimung ein neues Individuum entsteht. Bei den Gefäßsporenpflanzen endlich bildet sich aus der auf einem Vorkeime befindlichen befruchteten Eizelle die junge Pflanze, auf deren Blättern viel später in den Sporangien ungeschlechtlich die Sporen entstehen, und zwar bei vielen hierher gehörigen Pflanzen verschiedenartige Sporen (Makro- und Mikrosporen) in verschiedenartigen Sporangien (Makro- und Mikrosporangien).

Was die höheren Pflanzen, die sog. Samenpflanzen, betrifft, so haben wir deren Blütenverhältnisse schon genügend erörtert. Allein zum Verständnis des Zusammenhangs zwischen ihnen und den niedrigeren Pflanzen ist noch folgendes zu bemerken: Wie die höheren Gefäßsporenpflanzen, so besitzen auch die Samenpflanzen Makro- und Mikrosporen, nämlich Embryosack, bezw. Pollenkorn. Aus diesen Sporen entstehen bei den Gefäßsporenpflanzen Vorkeime und auf ihnen die eigentlichen Geschlechtsorgane: Spermatozoiden und Eizelle; bei den Samenpflanzen ist die Vorkeimbildung sehr reduziert. Aber auch hier entsteht im Pollenkorn eine das Spermatozoid vertretende Substanz und im Embryosack eine Eizelle; bei beiden Pflanzenabteilungen besteht dann der Befruchtungsvorgang in der Verschmelzung der sich entsprechenden Geschlechtsorgane. Bei beiden ist auch wieder die Folge der Befruchtung ein lebhafter Wachstumsprozeß der Eizelle, allein bei den Gefäßsporenpflanzen geht aus ihr sofort ohne Unterbrechung die fertige Pflanze hervor, bei den Samenpflanzen dagegen der Samen, welcher zwar die junge Pflanze in sich en miniature birgt, der aber doch erst eine Ruheperiode durchmacht, ehe er auswächst. In beiden Abteilungen werden später auf der fertigen Pflanze an besonders gestalteten Blattorganen die Makro- und Mikrosporen ungeschlechtlich gebildet.

Bei den Samenpflanzen wird nun aber der Befruchtungsvorgang durch einen besonderen Akt, die Bestäubung, eingeleitet.

b) Die Bestäubung.

Der Blütenstaub ist ein unbewegliches Körperchen. Um zur Narbe zu gelangen, bedarf er meist eines besonderen Fuhrwerks. Bei Zwitterblüten, sollte man meinen, könnte der Blütenstaub leicht auf die Narbe derselben Blüte gelangen; allein eine derartige Selbstbestäubung tritt verhältnismäßig selten ein; Fremdbestäubung wird bevorzugt, da sie kräftigere Nachkommenschaft sichert. Sind Staub- und Fruchtblätter auf verschiedene Blüten oder gar Pflanzen verteilt, so ist natürlich die Fremdbestäubung Gesetz.

Eine außerordentliche Fülle verschiedenartiger Vorrichtungen sichert bei Zwitterblüten die Fremdbestäubung. Wir erwähnen kurz folgende Fälle. Oft werden Staub- und Fruchtblätter zu verschiedenen Zeiten reif, so daß die Narbe noch nicht bestäubungsfähig ist, wenn der Pollen die Antheren verläßt, und umgekehrt. Man nennt dies Dichogamie (Aristolochia, Wegerich, Ruta u. a.). Oft stehen Staub- und Fruchtblätter derartig, daß ein direkter Verkehr zwischen beiden völlig ausgeschlossen erscheint, oder sie sind in ihrer Länge so verschieden, daß zur Bestäubung fremde Hilfe nötig ist.

Übrigens ist die Fremdbestäubung doch nicht ein so unbedingt gültiges Gesetz, wie man eine Zeitlang dachte; vielmehr weiß man jetzt, daß in vielen Fällen Selbstbestäubung eintritt, ja, daß diese oft durch besondere Vorkehrungen ermöglicht wird, wenn die Blüte vergebens auf Fremdbestäubung gewartet hat; besonders bemerkenswert ist es, wenn Staubgefäße oder Stempel zu diesem Zweck nachträglich Bewegungen zueinander hin machen.

Welcher Fuhrwerke bedient sich nun die Pflanze zum Transport des Blütenstaubs? Des Windes und der Tiere.

Wenn der Pollen sehr leicht und in großen Massen vorhanden ist, genügt ein Windstoß, um eine Wolke desselben den Fruchtblattblüten zuzuführen. Derartige Windblütler sind namentlich unsere monöcischen und diöcischen Holzpflanzen (Eiche, Buche, Hasel usw. einerseits, Pappeln andererseits). Verbreiteter sind die Tierblütler. Besonders Insekten, (seltener Vögel, z. B. Kolibris in den Tropen) leisten der Pflanze den Botendienst. Bei Windblütlern sind die Pollenkörner meist glatt, bei Tierblütlern besitzen sie mannigfaltige Haftorgane, Stacheln, Haare, Fäden, mit denen sie an den Insekten festhaften (Fig. 65—69).

Wir haben schon gesehen, daß die Insekten in der Blüte Honig und Blütenstaub suchen und daß sie dadurch, sowie durch bunte Farben und angenehmen Geruch angelockt werden. Hier wollen wir nur noch eines Umstandes gedenken. Honig ist ein vielbegehrter Artikel in der Insektenwelt. Aber nicht jedes Insekt würde die Übertragung des Blütenstaubs erfolgreich bewirken können; daher muß die Pflanze ihren süßen Schatz vor Dieben und unberufenen Gästen schützen. Dies geschieht oft durch die Beschaffenheit der Blumenkrone, die dann für gewöhnlich geschlossen ist; so hat z. B. das Löwenmaul eine falltürartige Einrichtung; oder die Blüte ist so gebaut, daß nur bestimmte Insekten sie bestäuben können, weil Länge der Teile und die Stellungsverhältnisse derartig sind, daß nur ein bestimmter Rüssel zum Honig gelangen kann. Hierbei ist dann stets dafür gesorgt, daß der Blütenstaub sich an einer Körperstelle des Insekts ablagert, welche nachher die Narbe einer anderen Blüte streifen wird. Die Mannigfaltigkeit der Fälle ist fast so groß wie die Mannigfaltigkeit der Blütenformen. Es bietet sich hier für die Selbstbeobachtung ein weites Feld.

Die Pollenträger von Pflanze zu Pflanze sind besonders Schmetterlinge, Bienen und Hummeln. Ist die Blüte auf

Schmetterlinge angewiesen, so hat sie, da diese sehr lange Rüssel haben, auch eine dementsprechend lange Blumenkronenröhre, aus welcher Staubgefäße und Stempel lang hervorragen, z. B. Geißblatt. Obendrein haben sie, da es sich hierbei meist um Nacht- oder Dämmerungsfalter handelt, eine helleuchtende Farbe und einen nur abends und nachts eintretenden starken Geruch.

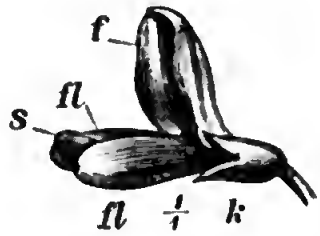

Fig. 107.
Genista tinctoria, Färberginster, Schmetterlingsblüte, zur Bestäubung bereit. k Kelch, f Fahne, fl Flügel, s Schiffchen.

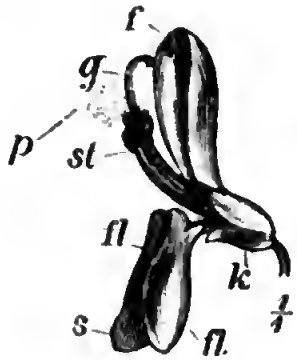

Fig. 108.
Dieselbe, Blüte nach der Bestäubung. Flügel und Schiffchen sind heruntergeklappt, Staubgefäße st und Griffel g nach oben gerichtet, p Pollenwolke, die dabei entlassen wurde.

Ein leicht zugängliches Beispiel bietet das Veilchen. Hier hat der Stempel einen nach unten verdünnten und umgebogenen Griffel (Fig. 80, a), und die Staubgefäße (Fig. 75) besitzen einen Honig absondernden Sporn, sowie an der Spitze ein Anhängsel: alle fünf stehen um den Griffel herum, und die Anhängsel schließen so zusammen, daß sie am Griffel einen Hohlraum bilden. Die Blüte hängt an langem Stiel nach unten, und der trockene Blütenstaub fällt bei der Reife in jenen Hohlraum. Hängt sich nun eine Biene an die Veilchenblüte, so muß sie, um zum Honig zu gelangen, den Griffel zurückbiegen, was vermöge der Verdünnung und Umbiegung leicht geht; dabei fällt dann aber der Pollen auf ihren Kopf und wird an der Narbe der nächsten von ihr besuchten Blüte abgestreift.

Ein bemerkenswertes Beispiel zeigen auch die Figuren 107—109, nämlich die Einrichtung der Schmetterlingsblüte. Von den fünf Blumenblättern steht eines hoch aufgerichtet, die Fahne; sie lockt die Insekten von weitem an. Zur Seite stehen zwei Flügel und zwischen diesen zwei fast verwachsene Blätter, die das Schiffchen bilden (Fig. 109, s). Die Flügel haben auf beiden Seiten einen Höcker, und in diesen ragt von innen ein Höcker des Schiffchens (Fig. 109), so daß die vier Blätter eng ineinandergreifen. Da sie sich aber in dieser Lage in Spannung befinden, so verlassen sie dieselbe leicht, wenn auf eine Vorwölbung des Flügels gedrückt wird, sie schnellen dann nach unten. In dem Schiffchen liegen die 10 Staubgefäße, deren Staubfäden unten zu einer Röhre verwachsen sind (Fig. 78), sowie der federig gespannte Griffel (Fig. 83, h). Die Antheren öffnen sich früh und lagern den Pollen in dem Schiffchen ab. Wenn nun ein Insekt auf die Flügel drückt, so fahren diese samt dem Schiffchen nach unten und die Staubgefäße nach oben, so daß der Blütenstaub in einer Wolke aus dem Schiffchen geschleudert wird, wie das Fig. 108 darstellt. Der Blütenstaub wird dabei auf dem Unterleib des Insekts abgelagert, und wenn dasselbe dann eine andere Blüte mit emporstehender Narbe besucht, muß es notwendig den Pollen auf derselben abstreifen.

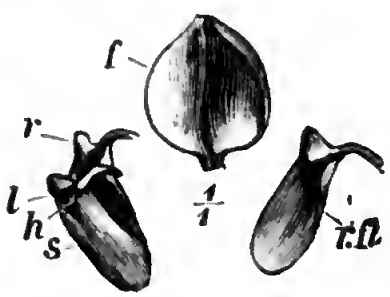

Fig. 109.
Dieselbe, Teile der Schmetterlingsblüte.
f Fahne, rfl rechter Flügel, s Schiffchen, hieran l linke Hälfte, r rechte Hälfte, h Höcker.

Aber nicht immer suchen die Insekten Honig und Blütenstaub, also Nahrung in den Blüten; vielmehr bieten ihnen letztere auch oft ein willkommenes Obdach, das um so gesuchter ist, weil sich in den Blüten durch die Atmung Wärme

entwickelt (s. S. 122). So ist es z. B. beim Osterluzei (Aristolochia), doch ist die Blüte hier eigentlich geradezu ein Gefängnis. Sie hat eine Röhre, die innen nach unten gerichtete Haare trägt, welche kleinen Fliegen wohl den Zugang, nicht aber den Ausgang gestatten. In der bauchigen Erweiterung unten stehen Stempel und Staubgefäße, letztere werden nach der Narbe im Laufe der Gefangenschaft reif und die Fliegen bepudern sich dann über und über mit Blütenstaub, der ihnen ebenso wie saftige Zellen der Wandung auch Nahrung bietet. Später senkt sich die Blüte, die Haare schrumpfen ein und die Fliegen finden wieder den Ausweg, um aber bald wieder in eine jüngere Blüte zu kriechen und hier den Pollen auf der reifen Narbe abzulegen.

Endlich kommt es auch vor, daß die Insekten ihre Eier in Blüten ablegen und dabei die Bestäubung bewirken. Hierbei ist es besonders bemerkenswert, daß diese Pflanzen zahlreiche Samenknospen hervorbringen, die den jungen Larven als Nahrung dienen, ohne daß alle gefressen werden. Zur Entwicklung der Samenknospen, also der Nahrung der Larven, ist Bestäubung nötig, und es ist daher im höchsten Grad bewundernswert, wie sich hierbei die Arbeiten und Zwecke der beiden Lebewesen miteinander verketten; denn das eierlegende Insekt sorgt ja mit der Bestäubung nicht nur für die Pflanze, sondern auch für seine eigenen Nachkommen (so z. B. bei Yukka und bei dem nickenden Taubenkropf unserer Flora).

c) Die Befruchtung.

Wenn der Pollen auf die Narbe des Stempels gelangt ist, so sind die beiden die Befruchtung bewirkenden Zellen noch immer nicht in unmittelbarer Berührung. Der Befruchtungsvorgang beginnt daher mit einer weiteren Vorbereitung; diese besteht darin, daß das Pollenkorn auf der feuchten Narbe

sozusagen keimt und einen Schlauch durch das Griffelgewebe zum Fruchtknoten hinabsendet (Fig. 79). Derselbe sucht hier die Samenknospe auf und wächst durch die Mikropyle zur Eizelle hin. Nun beginnt der eigentliche Befruchtungsakt, der darin besteht, daß nach Durchbohrung der Wände eine sogenannte generative Zelle des Pollenschlauchs mit ihrem Spermakern zur Eizelle übertritt und sich mit ihr vereinigt.

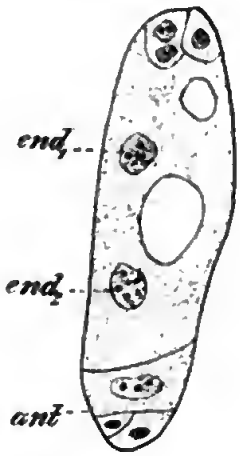

Fig. 110.

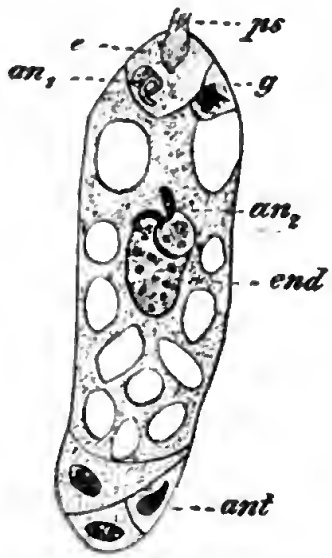

Fig. 111.

Fig. 110 und 111. Befruchtungsvorgang im Embryosack, sehr stark vergr. ant Antipoden, end$_1$ und end$_2$ Kerne für das Sameneiweiß, e Eizelle, ps Pollenschlauch, g Gehilfin, an$_1$ und an$_2$ Antherozoiden.

Fig. 110 und 111 zeigen diesen Vorgang bei sehr starker Vergrößerung. Der Kern des Embryosackes teilt sich in zwei Kerne, die an die entgegengesetzten Enden des Embryosackes wandern und sich hier weiter teilen, so daß an beiden 4 Kerne liegen, die sich mit Plasma umgeben und so zu Zellen werden; von jeder Gruppe wandert eine in die Mitte, wo sie verschmelzen, um später das Sameneiweiß oder Endosperm zu bilden. Die unteren Zellen heißen „Antipoden", die unverändert bleiben; die oberen sind die Eizelle mit ihren

„Gehilfinnen“. Der Pollenschlauch dringt (Fig. 111) in den Embryosack ein und entsendet in ihn zwei spiralige Befruchtungskörperchen oder Antherozoiden, welche mit der Eizelle bezw. der Mutterzelle vom Sameneiweiß verschmelzen und sie so zur Teilung anregen.

Die Eizelle besitzt kein Nuklein (ein Eiweißstoff, s. S. 7), den dagegen der Spermakern reichlich enthält. Durch die Befruchtung wird daher die Eizelle gewissermaßen erst vervollständigt, und die Folge ist, daß sie sich nun energisch teilt, woraus schließlich in gesetzmäßiger Weise ein Zellkörper hervorgeht, der Keimling, welcher die oben beschriebenen Teile, Samenlappen, Knöspchen und Würzelchen, zeigt.

Während in der Samenknospe diese Wachstumsvorgänge stattfinden, beginnt auch, durch die Befruchtung angeregt, in der Fruchtknotenwand eine Änderung: aus dem Fruchtknoten wird die Frucht, oft mit Zuhilfenahme anderer Blütenteile, besonders der Achse (s. oben).

d) Sorge der Pflanze für die Nachkommenschaft.

Eigenliebe ist nicht die alleinige Triebfeder des Naturlebens, wie so oft behauptet wird: es gibt vielmehr überall in der Natur Vorkommnisse, die von einem Gesetz der Liebe und gegenseitigen Hilfeleistung Zeugnis ablegen, und dahin gehört in erster Linie die Fürsorge für die Nachkommenschaft, die Brutpflege, wie man es nennen könnte.

Es erscheint fast widersinnig, eine solche auch in der Pflanzenwelt zu suchen, und doch findet sie sich hier oft sehr deutlich ausgesprochen. Zunächst sei noch einmal darauf hingewiesen, daß die Pflanze ihre Samen mit Reservestoffen versieht, von denen die jungen Pflanzen so lange leben können, bis sie ihre ersten Laubblätter entfaltet haben und sich selbständig ernähren können. Wir haben schon (S. 107) gesagt, daß es das sog. Sameneiweiß sein kann, das Stärke usw.

enthält, oder auch, daß zu demſelben Zweck die Samenlappen fleiſchig ſein können.

Auch davon ſprachen wir ſchon, daß die Pflanze ihrer Nachkommenſchaft für die Zeit, die bis zur Keimung verſtreicht, Schutzmittel mitgibt (Giftſtoffe, Stachel uſw. an der Samenſchale oder an der Fruchtwand). Ferner ſorgt die Pflanze auch dafür, daß ihre Samen an ſolche Stellen gelangen, die ſich zur Keimung eignen. Dahin gehören die oben (S. 103 u. ff.) beſprochenen Einrichtungen.

Muß der Same bis zur Keimung eine längere Wartezeit durchmachen, ſo iſt er durch lederartige, oft ſogar ſteinharte Beſchaffenheit des Fruchtgehäuſes oder der Samenſchale gegen die Unbilden der Witterung geſchützt (Nuß, Kirſchkern). Soll er den Verdauungskanal eines Tieres durchwandern, ſo iſt es ähnlich (Johannisbeere, Blaubeere, ſ. oben).

Wie durch Flugvorrichtungen an Frucht und Samen oder durch Tiere die Samen an andere, der Keimung günſtige Orte getragen werden, haben wir ſchon geſehen. Zum Teil ſind die Tiere unfreiwillige Boten; dann heften ſich die Früchte mittelſt Haare und Haken (Fig. 94) ihrem Felle an; oder die Tiere ſuchen die Früchte auf, weil ſie ihnen ein Genußmittel bieten, ſo z. B. alle als Obſt wegen der ſaftigen Wand ihrer Frucht (z. B. Kirſche) oder auch des Samens benutzten Früchte.

Schlußwort.

Wenn mir der Leſer in freundlicher Geduld bis an den Schluß dieſes Büchleins gefolgt iſt, ſo habe ich eine Frage und eine Bitte an ihn zu richten.

Die Frage lautet: Was dünkt dich nach dem Gehörten vom Leben der Natur?

Iſt's wahr, was dieſer und jener ſagt, daß es blinde Geſetze ſind, die mechaniſch walten im Stein, im Tier, in der Pflanze und ſchließlich auch in deinem Hirn, wenn du über meine Frage nachſinnſt? Laß den ganzen Inhalt eines Pflanzenlebens an deinem Geiſte vorüberziehen: iſt es eine tote Maſchine, die aufgezogen iſt und dann ihr Räderwerk abſchnurren läßt, eine Spieldoſe, die ihr Liedlein ableiert? Leben wir in einer mechaniſchen Welt, oder gibt es noch ein beſonderes Geſetz des Lebens, das dich in gleicher Weiſe durchdringt wie das Gänſeblümchen am Wege?

Heißt es auch bei dir: „Ein Narr wartet auf Antwort"? oder ahnſt du eine ewige Weisheit, welche nicht in blinden, mechaniſchen, ſondern in einſichtsvollen, zweckmäßigen Geſetzen die wunderbare Welt regiert? Und auf welcher Seite bleiben bei dieſen beiden Auffaſſungen die größeren Rätſel?

Und biſt du, lieber Leſer, mir mit ein wenig Teilnahme durch die Pflanzenkunde bis hierher gefolgt, ſo habe ich als Führerlohn eine kleine Bitte, die lautet: Wenn du dieſes Büchlein aus der Hand gelegt haſt, dann lege damit doch die Pflanzenkunde nicht aus der Hand, ſondern forſche nun ſelbſt in dem großen Buch der Natur, wo alles, was du hier geleſen haſt, viel deutlicher und kräftiger und anregender geſchrieben ſteht, als meine ſchwache Feder es vermochte!

Jede Pflanze verkündet dir nun die ew'gen Geſetze,
Jede Blume, ſie ſpricht lauter und lauter mit dir.
Aber entzifferſt du hier der Gottheit heilige Lettern:
Überall ſiehſt du ſie dann, auch im veränderten Zug.

Regiſter.

Ableger 136.
Abort 87.
Abſenker 136.
Ackergauchheil 101.
Adern 34.
Adventivſproſſe 51, 54.
Agaven 72.
Agrimonia eupatoria [105.
Ahorn 100, 104.
Ähre 52.
Algen 81, 129, 130, 137.
Alkaloide 119.
alternierend 86.
amöboid 130
Ampelpflanzen 131.
Anatomie 5.
anatrop 97.
Andröceum 93.
Anemone 96.
Angioſpermen 99.
Anſchluß der Blüte 87.
Anthere 93.
Antheridium 137.
Antherozoiden 145.
Antiklinen 124.
Antipoden 144.
Apfelfrucht 102.
Arbeitswerkzeug 38.
Archegonium 137.
Arillus 106.
Aristolochia 143.
Aronsſtab 122.
Aſparagin 118.
Asparagus officinalis 70.
Aſſimilation 109, 117.
Äſtivation 87.
Atemhöhle 23, 113.
Ätheriſches Öl 32.
Atmung 120.
Atriplex latifolia 57.
atrop 97.
Ausläufer 66, 75, 136.
Außenkelch 90, 93, 101.
Auswurfſtoffe 32.

Bakterien 115, 136.
Balgfrucht 101.
Balſamſtoffe 32.
Bärenklau 101.
Baſt 25.
Baumechanik der Achſe 48.
Beere 101 f.
Befruchtung 98, 137, 143 ff.
Begonia 91, 99, 136.
Berberitze 72.
Beſenſtrauch 114.
Beſtäubung 139 ff.
Bienenſaug 88.
bilateral 34, 61.
Bingelkraut 58.
Binſe 27, 53.
Biologie 5.
Blatt 34, 40, 54 ff.
Blattfläche 56.
Blattgrund 54.
Blattgrün 13, 116.
Blattſtellung 61.
Blattſtiel 54 f.
Blaubeere 146.
Blumenblätter 85.
Blumenkrone 88 ff.
Blüte 65, 84.
Blütenboden 88.
Blütenhülle 85, 89 ff.
Blütenſproß 83 ff.
Blütenſtand 84.
Blütenſtaub 94.
Bohne 55, 62, 74, 106, 131.
Borke 31.
Brennhaare 83.
Brombeere 102.
Brutknoſpen 54.
Brutpflege 145 f.
Buche 62, 99, 140.
Bryonia dioica 75.

Calluna vulgaris 95.
Cardiospermum halicacabum 97.
Centaurea scabiosa 104.
Characeen 82.
chemiſche Grundſtoffe 109.
Chlorophyll 13, 117.
Chloroplaſten 13.
Chromoplaſten 15.
Clematis 104. [133.
Colchicum autumnale
Convallaria majalis 57.
Convolvulus 99.
Crataegus oxyacantha
Cuscuta 80. [72.
Cyclanthera pedata 59.
cymös 51.
cymöſe Dolde 53.

dachig 87.
Dauergewebe 20.
Dermatogen 124.
Diagramm 86.
Diaſtaſe 119.
Dichaſium 53.
Dichogamie 139.
Dichotomie 51.
Dickblätter 72. [124.
Dickenwachstum 11, 27 ff.
Dikotyledonen 62.
Dimer 86.
Dionaea 77. [100.
Diplotaxis tenuifolia 90,
Diskus 89.
Dolde 52.
Doldengewächſe 89, 101.
Dornen 46, 72, 83.
Drosera 76.
Drosophyllum 77.
Drüſe 88.
Drüſenhaare 83.
Dunkelſtarre 135.

Echte Früchte 100 ff.
Edelreis 136.
Efeu 46, 74.
Eibe 107.

Eiche 57, 99 ff., 100, 140.
Eichel 106.
eingeschlechtig 86.
Eiweißkörper 7.
Eizelle 97, 137.
Elementarorgan 6.
Embryo 106.
Embryosack 97.
Emergenzen 24, 83.
Endosperm 105.
Energide 8 ff., 33, 126.
Entwicklungsgeschichte 42 ff.
Enzyme 119.
Epidermis 21.
epigyn 89.
Erbse 55, 62, 76, 96, 97, 101.
Erdbeere 67, 75, 102, 136.
Ernährung 108 ff.
Ernährungsgewebe 113.
Ernährungsorgane 111.
Esche 89.
Etiolement 127.
Eucalyptus 64.
Exine 94.

Fahne 142.
Fallschirm 104.
Fangapparat 76.
Fanghaare 83.
Färberginster 141.
Farbstoff 15.
Farne 83, 137.
Farnsproß 82.
Faserwurzel 45.
Fäulnisbewohner 120.
Feige 102.
Fetthenne 72.
Fettpflanzen 114.
Fichtenspargel 80.
Fieberbaum 64.
Filament 93.
Flachs 80.
Flachsproß 82.
Flachsseide 80.
Flechten 47, 129.
Flockenblume 104.
Florideen 137.
Flügelfrucht 100.
Flugorgane 104.
Fortpflanzung 5, 84, 135 ff.
freiblättrig 89.
Fremdbestäubung 139.
Frucht 99 ff.
Fruchtblätter 85, 95.
Fruchtboden 88.
Fruchtknoten 96, 99.
Fruchtkörbchen 104.
Frühjahrsholz 29.
Fuchswein 58.
Fühltüpfel 133.
Funikulus 97.

Gabelung 51.
Gameten 136.
Gänsefingerkraut 51.
Gefäß 16, 25.
Gefäßbündel 25.
Gefäßteil 25.
Gehilfinnen 145.
Geißblatt 141.
Geißeln 130.
Geleitzellen 26.
genagelt 91.
generative Zelle 144.
Genista tinctoria 141.
geotropisch 126.
Geotropismus 45, 65, 131.
Gerbstoff 15.
Gewebearten 18.
Ginster 71, 114.
Glaskraut 74, 132.
Glechoma hederacea 67.
Gliederschote 101.
Glockenblume 91.
Glukoside 119.
Goldrute 92.
Gräser 4, 27, 60, 63, 67, 105.
Grasfrucht 100.
Griffel 96, 98, 99.
Grundgewebe 24 ff.
Gummi 32.
Gundelrebe 57, 67.
Gurtungen 48.
Gymnospermen 99.
Gynäceum 95.

Haarbildungen 83.
Haarkrone 91, 104.
Habichtskraut 67.
Hahnenfuß 25.
Hahnenfußgewächse 96.
Hahnenkamm 80.
Hanf 80.
Harz 32.
Hasel 99, 100, 132, 140.
Hauslauch 72.
Haustorien 47.
Hautgewebe 20.
Hederich 101.
Heidelbeere 102.
Heliotropismus 127, 131 f.
Heracleum sphondilium 101.
Herbstholz 29.
Herbstzeitlose 131.
Heterophyllie 64.
Himbeere 89.
Hirtentäschel 101.
Hochblätter 64 f., 84, 93, 99.
Holz 28, 129.
Holzfaserzellen 26.
Holzpflanzen 50, 140.
Holzteil 25.
Honig 92 f.
Hopfen 74.
Hülse 101.
Hülsenfrüchtler 115.
hypogyn 89.
hypokotyles Stengelglied 53.

Jahresringe 30.
Imbibition 128.
Impatiens 103.
Insektenfressende Pflanzen 76 ff., 83, 120.
Insertionsverhältnisse 89.
Integumente 97.
Internodien 50.
Interzellularräume 24, 33.
Intine 94.
Johannisbeere 102, 146.
Johanniskraut 53.
Jussieua 46.

Kakteen 70.
Kältestarre 135.
Kambium 25 ff.
Kamille 52.
kampylotrop 98.
Kannenpflanze 78.
Kapsel 101.
Kapuzinerkresse 75.
Karpell 95.
Kartoffelkrankheit 137.
Karyopse 100.
Keimblätter 53, 62.
Keimlappen 62.
Keimling 106 f.
Keimpflänzchen 63.
Keimung 43.
Kelch 88 ff.
Kelchblätter 85.
Kernkörperchen 7.

Kernteilung 9.
Kiefer 106.
Kieferzapfen 99.
Kirsche 38, 60, 102, 103, 146.
Kladodien 71, 82.
klappig 87.
Klebstoff 32, 105.
Klee 52, 134.
Kleewürger 80.
Kletterſproß 73.
Knabenkraut 93.
Knolle 68 f.
Knöſpchen 106.
Knoſpe 42, 53 f.
Knoſpenkern 97.
Knoſpenſtamm 53 f.
Knoten 50.
Knöterich 97.
Kohl 36, 87.
Kollenchym 19.
Kompoſiten 90, 91, 95, 104, 134.
Koniferen 86.
Konnektiv 94.
Köpfchen 52.
Kopulieren 136.
Körbchen 52.
Kork 31.
Kornblume 92, 134.
Kornrade 101.
Kotyledonen 62, 106.
Kraut 50.
Kraſſulaceen 72.
Kreuzblüte 87.
Kreuzblütler 91, 101.
Kriſtall 15.
Krone 89.
Kryptogamen 81.
Kupula 104.
Kupuliferen 99.
Kürbis 75.
Kutikula 21.

Labkraut 75, 105.
Lagerſproß 82.
Lamina 56.
Längsſpannung 128.
Laubblätter 64.
Lebensdauer 49.
Lebenskraft 130.
Leguminoſen 115, 134.
Leimzotten 83.
Lein 106.
Leitbündel 25, 49.
Leitung des Waſſers 112.
Leukoplaſten 14.
Lignin 12.
Lilien 60, 87, 96.
Lippenblütler 89, 91 f.
Lobelia erinus 95, 99.
Lockapparat 92 f.
Löwenmaul 140.
Löwenzahn 51, 57, 91.
Luftwurzel 74, 80.
Lupinus 95.

Maiblume 57, 60, 67.
Mais 110.
Makroſporangien 96, 138.
Makroſporen 97, 138.
Malven 93, 101.
Mammillaria centricirrha 71.
Mangrovebaum 46.
männliche Blüte 85.
Mark 28, 128 f.
Markſtrahlen 28.
Mauer-Leinkraut 127, 131.
Mauerpfeffer 72.
Maurandia 95.
Melde 60.
Mercurialis annua 58.
Meriſtem 20, 42.
Metamorphoſe 46, 65.
Metamorphoſenſtufen 62.
metamorphoſierte Formen 40 f.
Mikropyle 97.
Mikroſporangien 94, 138.
Mikroſporen 94, 138.
Milchſaft 33.
Mimosa 134.
Mimulus 88, 91.
Mina lobata 58.
Miſtel 80.
Mohn 90, 97, 101.
Mohrrübe 36, 44.
Monokotyledonen 62.
Monopodium 51.
Mooſe 41, 47, 82, 125, 137.
Mooskapſel 137.
Mooſproß 82.
Morphologie 5.
Muskatnuß 107.

Nabel 97.
Nabelſtrang 97.
Nachtſchatten 87, 102.
nackte Blüte 86, 89.
Nadelhölzer 62.
Nahrungsmittel 109.
Narbe 96, 98, 99.
Narziſſe 93.
Nebenblatt 55.
Nebenblattbildungen der Blüte 93.
Nebenkrone 93.
Nektarium 93.
Nelken 53, 88, 91.
Nelkenwurz 100.
Nepenthes 79.
Nereum 57.
Nerven 34.
Nervatur 59.
Niederblätter 63 f.
Nieswurz 93.
Nucellus 97.
Nuklein 145.
Nuß 100, 146.
Nutationsbewegung 131, 133 f.

Oberhaut 21.
oberſtändig 89.
Obermennig 105.
Okulieren 136.
Oleander 57.
Ooſpore 137.
opponiert 86.
Orchideen 95.
Organ 6, 38 ff.
Organismen 6.
Orobanche 80.
Oſterluzei 143.

Paliſadenſchicht 35, 113.
Pandane 46.
Päonie 101.
Pappel 140.
Pappus 91.
Paraſiten 79, 120.
paraſitäre Lebensweiſe 79.
Parenchym 19, 134.
Parietaria diffusa 74.
pentamer 86.
Periblem 124.
Perigon 86, 89.
perigyn 89.
Perikambium 36.
Periklinen 124.
Persica vulgaris 102.
Petunia hybrida 95.
Pfahlwurzel 44.
Pfirſich 102.
Pfropfen 136.
Phaseolus multiflorus 55.

Phosphoreszenz 122.
Physiologie 5.
Pilze 81, 124, 136.
Pilzgewebe 122.
Pistill 95.
Plazenta 96.
Plasma 7.
Plasmodium 8.
Plerom 124.
Plumula 53.
Pollen und Pollenkorn 94, 98, 143.
Pollensäcke 94.
Primel 97.
Primordialblatt 63.
Primordialschlauch 13.
Prosenchym 19.
Proteinkörper 16.
Protoplasma 7, 130.
Pulicaria dysenterica [93.
Quercus 100.
Querspannung 129.
Quirle 86.
racemös 51 f.
Rafflesia Arnoldi 81.
Rampe 90, 100.
Ranken 75, 121.
Rankenpflanzen 75, 132.
Ranunculus repens 25.
reduzierte Formen 40 f., 79.
regelmäßige Blüte 28.
Reizbewegung 129 ff.
reparative Wurzelsprosse
Reseda 52. [51.
Reservestoffbehälter 119.
Reservestoffe 15, 68.
Rhizom 67.
Rinde 129.
Ringelborke 31.
Rispe 52.
Röhrenblüten 91.
Rosa canina 59.
Rose 57, 73, 89 90, 136.
Rosengewächse 89, 91, 93.
Rose von Jericho 129.
Roßkastanie 83.
Rotalgen 137.
Rübenwurzel 44.
Rubus fruticosus 103.
Ruhrkraut 91 f.
Rühr-mich-nicht-an 103.
Runkelrübe 36.
Ruta 139.
Rutengewächse 114.
Saftfrucht 100.
Salpiglossis 95, 99.
Salvinia 76.
Samen 99, 106 f.
Sameneiweiß 63, 106 f.
Samenknospen 96, 97.
Samenlappen 106.
Samenpflanzen 81.
Samenschale 106.
Sammelfrüchte 102.
Sammelzellen 35.
Saprophyten 120.
Sarothamnus scoparius 99.
Sarracenia 78.
Sandistel 105.
Saughaare 45.
Saugorgane 80.
Saugwarzen 75.
Schachtelhalm 67.
Scheide 27, 55.
Scheinachse 53.
Scheinfrucht 99, 102.
Schiefblätter 136.
Schierling 52.
Schiffchen 142.
Schlafbewegung 134.
schlafende Knospen 54.
Schläuche 33.
Schlehe 72.
Schleuderwerke 103.
Schließfrucht 100.
Schließzellen 23.
Schlingpflanzen 74.
Schmarotzer 79 ff., 120, 121.
Schmetterlingsblüte 142.
Schmetterlingsblütler 91, 96, 101.
Schneeball 56, 60.
Schneebeere 56, 60.
Schote 101.
Schraubel 53.
Schuppenborke 31.
Schutzscheide 26. [113.
Schwammparenchym 35,
Schwärmsporen 130.
Schwarzwurz 33.
Schwellpolster 134.
Schwimmorgane 76.
Scirpus 99.
Selbstbestäubung 139.
Siebröhren 17.
Siebröhrenteil 25 f.
Sinnpflanze 134.
Sklerenchym 19.
Solanum 87, 102.
Soldanellen 122.
Solidago virgaurea 92.
Sonchus oleraceus 105.
Sonnentau 76.
Spaltfrucht 101.
Spaltöffnungen 23.
Spargel 70.
Spermakern 144.
Spermatozoiden 137.
Spindelfasern 10.
spiralig 61.
Spirre 53.
Sporenpflanzen 81.
Sporenträger 85.
Sporogonium 137.
Sporophylle 85, 95.
Spreite 40, 54, 56.
Spreuschuppen 83.
Springfrucht 101, 103.
Sproß 40, 47.
Sproßachse 47 ff.
Sproßformen 65 ff.
Stacheln 73, 83, 105.
Staminodien 95.
Stamm 47.
Stärkebildner 14.
Stärkekörner 14.
Stärkemehl 63.
Starre 135.
Staubblätter 85, 93 ff.
Staubbeutel 93.
Staubgefäße und Staubfäden 85, 88.
Staude 50.
Stechapfel 103.
Steinfrucht 101 f.
Steinzelle 11, 19.
Stempel 85, 88, 95 ff.
Stengel 47.
Stiefmütterchen 55, 97.
Stipulae 55.
Stoffwechsel 118 ff.
Storchschnabel 100, 105.
Stranggewebe 24 ff.
Strangscheide 36.
Sukkulente 114.
Sukkulenz 69.
symmetrisch 88.
Symphoricarpus racemosus 56.
Tannenzapfen 99.
Taublatt 77.
Teichlinse 46.

tetramer 86.
Teufelszwirn 80.
Thunbergia alata 90, 93, 95, 99.
Tierblütler 140.
Tracheiden 12.
Tragant-Pflanze 72.
Transpiration 21, 113.
Transpirationsgewebe 13.
Träger 48.
Tränen 112.
Traube 52.
trimer 86.
Trockenfrucht 100.
Trockenstarre 135.
Tulipa 87.
Tulpe 134.
Tüpfel 11.
Turgor 49, 128.
typische Form 40.

Überwinterungsorgane 68.
umständig 89.
unterständig 89.
Utricularia 78.

Vakuolen 12.
Valeriana officinalis 99.
Variationsbewegung 134.
Vegetationskegel 42.
vegetative Vermehrung 136.
Veilchen 93, 141.
Venusfliegenfalle 77.
Verbreitung der Samen 32, 103.
Veredlung 136.
Vergißmeinnicht 53, 88.
Vermehrungssprosse 66.
verwachsen 89.
Viburnum 56.
Viola tricolor 95, 97.
Vitis vulpina 58.
Vorkeim 138.

Wachstum 122 ff.
Wachstumsenergie 128.
Wachsüberzug 114.
Walnuß 103, 106.
Wärmeentwicklung 122.
Wärmestarre 135.
Wasserfarn 76.
Wasserhahnenfuß 64.
Wasserkultur 110.
Wassernuß 105.
Wasserpflanzen 24.
Wasserschlauch 78.
Wasserspeicher 70, 72.
Wasserspalten 24.
Wasserverdunstung 113.
Wegerich 52, 60, 139.
weibliche Blüte 85.
Weide 89, 106.
Weidenröschen 106.
Wein 60, 75, 106, 112, 127.
Weißdorn 72.
Wicke 134.
Wickel 53.
Wildling 136.
Windblütler 140.
windende Stengel 131.
Windenknöterich 133.
Wolfsmilch 18, 33.
Wollfilz 83.
Wucherblume 92.
Wurzel 35, 40, 43 ff.
Würzelchen 43, 53, 106.
Wurzeldruck 112.
Wurzelfrüchtler 76.
Wurzelhaare 83, 111.
Wurzelhaube 43.
Wurzelstock 67.

Zaunrübe 75.
Zelle 6 ff.
Zellkern 7.
Zellmembran 10.
Zellsaft 12.
Zellteilung 9.
Zellulose 10.
Zellwand 7.
Zungenblüten 91.
zweigeschlechtige Blüte 86.
Zwiebel 68 f.
Zwitterblüten 139.
Zygospore 137.

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Logarithmen. Vierstellige Tafeln und Gegentafeln für logarithmisches und trigonometrisches Rechnen in zwei Farben zusammengestellt von Dr. Hermann Schubert, Professor an der Gelehrtenschule d. Johanneums in Hamburg. Nr. 81.

Logik. Psychologie und Logik zur Einführung in die Philosophie von Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Figuren. Nr. 14.

Luther, Martin, Thom. Murner und das Kirchenlied des 16. Jahrhunderts. Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Oberlehrer am Nikolaigymnasium zu Leipzig. Nr. 7.

Magnetismus. Theoretische Physik III. Teil: Elektrizität und Magnetismus. Von Dr. Gustav Jäger, Professor an der Universität Wien. Mit 33 Abbild. Nr. 78.

Malerei, Geschichte der, I. II. III. IV. V. von Dr. Rich. Muther, Professor an der Universität Breslau. Nr. 107—111.

Maschinenelemente, Die. Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den prakt. Gebrauch von Fr. Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 86 Fig. Nr. 3.

Maßanalyse von Dr. Otto Röhm in Stuttgart. Nr. 221.

Mathematik, Geschichte der, von Dr. A. Sturm, Professor am Obergymnasium in Seitenstetten. Nr. 226.

Mechanik. Theoret. Physik I. Teil: Mechanik und Akustik. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Univ. Wien. Mit 19 Abbild. Nr. 76.

Meereskunde, Physische, von Dr. Gerhard Schott, Abteilungsvorsteher an der Deutschen Seewarte in Hamburg. Mit 28 Abbild. im Text und 8 Tafeln. Nr. 112.

Metalle (Anorganische Chemie 2. Teil) v. Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Königl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 212.

Metalloide (Anorganische Chemie 1. Teil) von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 211.

Meteorologie von Dr. W. Trabert, Professor an der Universität Innsbruck. Mit 49 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 54.

Mineralogie von Dr. R. Brauns, Professor an der Universität Kiel. Mit 130 Abbildungen. Nr. 29.

Minnesang und Spruchdichtung. Walther v. d. Vogelweide mit Auswahl aus Minnesang und Spruchdichtung. Mit Anmerkungen und einem Wörterbuch von Otto Güntter, Professor an der Oberrealschule und an der Techn. Hochschule in Stuttgart. Nr. 23.

Morphologie, Anatomie u. Physiologie der Pflanzen. Von Dr. W. Migula, Prof. a. d. Techn. Hochsch. Karlsruhe. Mit 50 Abbild. Nr. 141.

Murner, Thomas. Martin Luther, Thomas Murner und das Kirchenlied des 16. Jahrh. Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Oberl. am Nikolaigymn. zu Leipzig. Nr. 7.

Musik, Geschichte der alten und mittelalterlichen, von Dr. A. Möhler. Mit zahlreichen Abbild. und Musikbeilagen. Nr. 121.

Musikalische Formenlehre (Kompositionslehre) v. Stephan Krehl I. II. Mit vielen Notenbeispielen Nr. 149. 150.

Musikgeschichte des 17. und 18. Jahrhunderts von Dr. K. Grunsky in Stuttgart. Nr. 239.

— **des 19. Jahrhunderts** von Dr. K. Grunsky in Stuttgart. I. II Nr. 164. 165.

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Musiklehre, Allgemeine, v. Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 220.

Mythologie, Deutsche, von Dr. Friedrich Kauffmann, Professor an der Universität Kiel. Nr. 15.

— **Griechische und römische,** von Dr. Herm. Steuding, Professor am Kgl. Gymnasium in Wurzen. Nr. 27.

— siehe auch: Heldensage.

Nautik. Kurzer Abriß des täglich an Bord von Handelsschiffen angewandten Teils der Schiffahrtskunde. Von Dr. Franz Schulze, Direktor der Navigations-Schule zu Lübeck. Mit 56 Abbildungen. Nr. 84.

Nibelunge, Der, Nöt in Auswahl und Mittelhochdeutsche Grammatik mit kurzem Wörterbuch von Dr. W. Golther, Professor an der Universität Rostock. Nr. 1.

— — siehe auch: Leben, Deutsches, im 12. Jahrhundert.

Nutzpflanzen von Prof. Dr. J. Behrens, Vorst. d. Großh. landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Augustenberg. Mit 53 Figuren. Nr. 123.

Pädagogik im Grundriß von Professor Dr. W. Rein, Direktor des Pädagogischen Seminars an der Universität Jena. Nr. 12.

— **Geschichte der,** von Oberlehrer Dr. H. Weimer in Wiesbaden. Nr. 145.

Paläontologie v. Dr. Rud. Hoernes, Prof. an der Universität Graz. Mit 87 Abbildungen. Nr. 95.

Perspektive nebst einem Anhang üb. Schattenkonstruktion und Parallelperspektive von Architekt Hans Freyberger, Oberlehrer an der Baugewerkschule Köln. Mit 88 Abbild. Nr. 57.

Petrographie von Dr. W. Bruhns, Prof. a. d. Universität Straßburg i. E. Mit 15 Abbild. Nr. 173.

Pflanze, Die, ihr Bau und ihr Leben von Oberlehrer Dr. E. Dennert. Mit 96 Abbildungen. Nr. 44.

Pflanzenbiologie von Dr. W. Migula, Prof. a. d. Techn. Hochschule Karlsruhe. Mit 50 Abbild. Nr. 127.

Pflanzen-Morphologie, -Anatomie und -Physiologie von Dr. W. Migula, Professor an der Techn. Hochschule Karlsruhe. Mit 50 Abbildungen. Nr. 141.

Pflanzenreich, Das. Einteilung des gesamten Pflanzenreichs mit den wichtigsten und bekanntesten Arten von Dr. F. Reinecke in Breslau und Dr. W. Migula, Professor an der Techn. Hochschule Karlsruhe. Mit 50 Figuren. Nr. 122.

Pflanzenwelt, Die, der Gewässer von Dr. W. Migula, Prof. an der Techn. Hochschule Karlsruhe. Mit 50 Abbildungen. Nr. 158.

Pharmakognosie. Von Apotheker F. Schmitthenner, Assistent am Botan. Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe. Nr. 251.

Philosophie, Einführung in die. Psychologie und Logik zur Einführ. in die Philosophie von Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Fig. Nr. 14.

Photographie. Von Prof. H. Keßler, Fachlehrer an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit 4 Tafeln und 52 Abbild. Nr. 94.

Physik, Theoretische, I. Teil: Mechanik und Akustik. Von Dr. Gustav Jäger, Professor an der Universität Wien. Mit 19 Abbild. Nr. 76.

— — II. Teil: Licht und Wärme. Von Dr. Gustav Jäger, Professor an der Univ. Wien. Mit 47 Abbild. Nr. 77.

— — III. Teil: Elektrizität und Magnetismus. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Universität Wien. Mit 33 Abbild. Nr. 78.

Physikalische Aufgabensammlung von G. Mahler, Prof. d. Mathem. u. Physik am Gymnasium in Ulm. Mit den Resultaten. Nr. 243.

Physikalische Formelsammlung von G. Mahler, Prof. am Gymnasium in Ulm. Nr. 136.

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Plastik, Die, des Abendlandes von Dr. Hans Stegmann, Konservator am German. Nationalmuseum zu Nürnberg. Mit 23 Tafeln. Nr. 116.

Poetik, Deutsche, von Dr. K. Borinski, Dozent a. d. Univ. München. Nr. 40.

Posamentiererei. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Professor Max Gürtler, Direktor der Königl. Techn. Zentralstelle für Textil-Ind. zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

Psychologie und Logik zur Einführ. in die Philosophie, von Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Fig. Nr. 14.

Psychophysik, Grundriß der, von Dr. G. F. Lipps in Leipzig. Mit 3 Figuren. Nr. 98.

Rechnen, Kaufmännisches, von Richard Just, Oberlehrer an der Öffentlichen Handelslehranstalt der Dresdener Kaufmannschaft. I. II. III. Nr. 139. 140. 187.

Rechtslehre, Allgemeine, von Dr. Th. Sternberg in Charlottenburg. I: Die Methode. Nr. 169.

— II: Das System. Nr. 170.

Redelehre, Deutsche, v. Hans Probst, Gymnasialprofessor in Bamberg. Mit einer Tafel. Nr. 61.

Religionsgeschichte, Indische, von Professor Dr. Edmund Hardy. Nr. 83.

— — siehe auch Buddha.

Religionswissenschaft, Abriß der vergleichenden, von Prof. Dr. Th. Achelis in Bremen. Nr. 208.

Roman. Geschichte d. deutschen Romans von Dr. Hellmuth Mielke. Nr. 229.

Russisch-Deutsches Gesprächsbuch von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität Prag. Nr. 68.

Russisches Lesebuch mit Glossar von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität Prag. Nr. 67.

— — siehe auch: Grammatik.

Sachs, Hans. Ausgewählt und erläutert von Prof. Dr. Julius Sahr. Nr. 24.

Schattenkonstruktionen v. Prof. J. Vonderlinn in Breslau. Mit 114 Fig. Nr. 236.

Schmarotzer u. Schmarotzertum in der Tierwelt. Erste Einführung in die tierische Schmarotzerkunde v. Dr. Franz v. Wagner, a. o. Prof. a. d. Univers. Gießen. Mit 67 Abbildungen. Nr. 151.

Schulpraxis. Methodik der Volksschule von Dr. R. Seyfert, Schuldir. in Ölsnitz i. V. Nr. 50.

Simplicius Simplicissimus von Hans Jakob Christoffel v. Grimmelshausen. In Auswahl herausgegeb. von Prof. Dr. F. Bobertag, Dozent an der Universität Breslau. Nr. 138.

Soziologie von Prof. Dr. Thomas Achelis in Bremen. Nr. 101.

Spitzenfabrikation. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Professor Max Gürtler, Direktor der Königl. Technischen Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Figuren. Nr. 185.

Sprachdenkmäler, Gotische, mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen v. Dr. Herm. Jantzen in Breslau. Nr. 79.

Sprachwissenschaft, Germanische, von Dr. Rich. Loewe in Berlin. Nr. 238.

— **Indogermanische,** v. Dr. R. Meringer, Prof. a. d. Univ. Graz. Mit einer Tafel. Nr. 59.

— **Romanische,** von Dr. Adolf Zauner, Privatdozent an der Universität Wien. I: Lautlehre u. Wortlehre I. Nr. 128.

— — II: Wortlehre II u. Syntax. Nr. 250.

Stammeskunde, Deutsche, von Dr. Rudolf Much, a. o. Professor an d. Universität Wien. Mit 2 Karten und 2 Tafeln. Nr. 126.

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Statik, I. Teil: Die Grundlehren der Statik starrer Körper v. W. Hauber, diplom. Ing. Mit 82 Fig. Nr. 178.

— — II. Teil: Angewandte Statik. Mit 61 Figuren. Nr. 179.

Stenographie nach dem System von F. X. Gabelsberger von Dr. Albert Schramm, Mitglied des Kgl. Stenogr. Instituts Dresden. Nr. 246.

— Lehrbuch der Vereinfachten Deutschen Stenographie (Einig.-System Stolze-Schrey) nebst Schlüssel, Lesestücken u. einem Anhang v. Dr. Amsel, Oberlehrer des Kadettenhauses Oranienstein. Nr. 86.

Stereochemie von Dr. E. Wedekind, Professor a. d. Universität Tübingen. Mit 34 Abbild. Nr. 201.

Stereometrie von Dr. R. Glaser in Stuttgart. Mit 44 Figuren. Nr. 97.

Stilkunde von Karl Otto Hartmann, Gewerbeschulvorstand in Lahr. Mit 7 Vollbildern und 195 Text-Illustrationen. Nr. 80.

Technologie, Allgemeine chemische, von Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. Nr. 113.

Teerfarbstoffe, Die, mit besonderer Berücksichtigung der synthetischen Methoden von Dr. Hans Bucherer, Professor an der Kgl. Techn. Hochschule Dresden. Nr. 214.

Telegraphie, Die elektrische, von Dr. Lud. Reilstab. M. 19 Fig. Nr. 172.

Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Prof. Max Gürtler, Dir. der Königlichen Techn. Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

— III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe von Dr. Wilh. Massot, Lehrer an der Preuß. höh. Fachschule für Textilindustrie in Krefeld. Mit 28 Fig. Nr. 186.

Thermodynamik (Technische Wärmelehre) von K. Walther und M. Röttinger, Dipl.-Ingenieuren. Mit 54 Fig. Nr. 242.

Tierbiologie I: Entstehung und Weiterbildung der Tierwelt, Beziehungen zur organischen Natur von Dr. Heinrich Simroth, Professor an der Universität Leipzig. Mit 33 Abbildungen. Nr. 131.

— II: Beziehungen der Tiere zur organischen Natur von Dr. Heinrich Simroth, Prof. an der Universität Leipzig. Mit 35 Abbild. Nr. 132.

Tiergeographie von Dr. Arnold Jacobi, Professor der Zoologie an der Kgl. Forstakademie zu Tharandt. Mit 2 Karten. Nr. 218.

Tierkunde v. Dr. Franz v. Wagner, Professor an der Universität Gießen. Mit 78 Abbildungen. Nr. 60.

Tierzuchtlehre, Allgemeine und spezielle, von Dr. Paul Rippert in Berlin. Nr. 228.

Trigonometrie, Ebene und sphärische, von Dr. Gerh. Hessenberg, Privatdoz. an der Techn. Hochschule in Berlin. Mit 70 Figuren. Nr. 99.

Unterrichtswesen, Das öffentliche, Deutschlands i. d. Gegenwart von Dr. Paul Stötzner, Gymnasialoberlehrer in Zwickau. Nr. 130.

Urgeschichte der Menschheit v. Dr. Moriz Hoernes, Prof. an der Univ. Wien. Mit 53 Abbild. Nr. 42.

Versicherungsmathematik von Dr. Alfred Loewy, Prof. an der Univ. Freiburg i. B. Nr. 180.

Völkerkunde von Dr. Michael Haberlandt, Privatdozent an der Univers. Wien. Mit 56 Abbild. Nr. 73.

Volkslied, Das deutsche, ausgewählt und erläutert von Professor Dr. Jul. Sahr. Nr. 25.

Volkswirtschaftslehre v. Dr. Carl Johs. Fuchs, Professor an der Universität Freiburg i. B. Nr. 133.

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Volkswirtschaftspolitik von Geh. Regierungsrat Dr. R. van der Borght, Präsident des Statistischen Amtes in Berlin. Nr. 177.

Waltharilied, Das, im Versmaße der Urschrift übersetzt und erläutert von Prof. Dr. H. Althof, Oberlehrer a. Realgymnasium i. Weimar. Nr. 46.

Walther von der Vogelweide mit Auswahl aus Minnesang u. Spruchdichtung. Mit Anmerkungen und einem Wörterbuch von Otto Güntter, Prof. a. d. Oberrealschule und a. d. Techn. Hochsch. in Stuttgart. Nr. 23.

Warenkunde, von Dr. Karl Hassack, Professor an der Wiener Handelsakademie. I. Teil: Unorganische Waren. Mit 40 Abbildungen. Nr. 222.

— II. Teil: Organische Waren. Mit 36 Abbildungen. Nr. 223.

Wärme. Theoretische Physik II. Teil: Licht und Wärme. Von Dr. Gustav Jäger, Professor an der Universität Wien. Mit 47 Abbild. Nr. 77.

Wärmelehre, Technische, (Thermodynamik) von K. Walther u. M. Röttinger, Dipl.-Ingenieuren. Mit 54 Figuren. Nr. 242.

Wäscherei. Textil-Industrie III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe von Dr. Wilh. Massot, Lehrer an der Preuß. höh. Fachschule für Textilindustrie in Krefeld. Mit 28 Fig. Nr. 186.

Weberei. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Professor Max Gürtler, Direktor der Königl. Techn. Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Figuren. Nr. 185.

Wechselkunde von Dr. Georg Funk in Mannheim. Mit vielen Formularen. Nr. 103.

Wirkerei. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Professor Max Gürtler, Direktor der Königl. Technischen Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

Wolfram von Eschenbach. Hartmann v. Aue, Wolfram v. Eschenbach und Gottfried von Straßburg. Auswahl aus dem höf. Epos mit Anmerkungen u. Wörterbuch v. Dr. K. Marold, Prof. a. Kgl. Friedrichskolleg. z. Königsberg i. Pr. Nr. 22.

Wörterbuch nach der neuen deutschen Rechtschreibung von Dr. Heinrich Klenz. Nr. 200.

— **Deutsches**, von Dr. Ferd. Detter, Prof. an d. Universität Prag. Nr. 64.

Zeichenschule von Prof. K. Kimmich in Ulm. Mit 17 Tafeln in Ton-, Farben- und Golddruck u. 135 Voll- und Textbildern. Nr. 39.

Zeichnen, Geometrisches, von H. Becker, Architekt und Lehrer an der Baugewerkschule in Magdeburg, neu bearb. v. Prof. J. Vonderlinn, diplom. und staatl. gepr. Ingenieur in Breslau. Mit 290 Fig. und 23 Tafeln im Text. Nr. 58.

Zuckerindustrie, Die, von Dr. ing. Ernst Leher, Assistent am Chem. Institut der Universität Bonn. Mit 11 Fig. Nr. 253.

Sammlung Schubert.

Sammlung mathematischer Lehrbücher,

die, auf wissenschaftlicher Grundlage beruhend, den Bedürfnissen des Praktikers Rechnung tragen und zugleich durch eine leicht faßliche Darstellung des Stoffs auch für den Nichtfachmann verständlich sind.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung in Leipzig.

Verzeichnis der bis jetzt erschienenen Bände:

1 **Elementare Arithmetik und Algebra** von Prof. Dr. Hermann Schubert in Hamburg. M. 2.80.

2 **Elementare Planimetrie** von Prof. W. Pflieger in Münster i. E. M. 4.80.

3 **Ebene und sphärische Trigonometrie** von Dr. F. Bohnert in Hamburg. M. 2.—.

4 **Elementare Stereometrie** von Dr. F. Bohnert in Hamburg. M. 2.40.

5 **Niedere Analysis I. Teil: Kombinatorik, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Kettenbrüche und diophantische Gleichungen** von Professor Dr. Hermann Schubert in Hamburg. M. 3.60.

6 **Algebra mit Einschluß der elementaren Zahlentheorie** von Dr. Otto Pund in Altona. M. 4.40.

7 **Ebene Geometrie der Lage** von Prof. Dr. Rud. Böger in Hamburg. M. 5.—.

8 **Analytische Geometrie der Ebene** von Professor Dr. Max Simon in Straßburg. M. 6.—.

9 **Analytische Geometrie des Raumes I. Teil: Gerade, Ebene, Kugel** von Professor Dr. Max Simon in Straßburg. M. 4.—.

10 **Differential- und Integralrechnung I. Teil: Differentialrechnung** von Prof. Dr. W. Frz. Meyer in Königsberg. M. 9.—.

11 **Differential- und Integralrechnung II. Teil: Integralrechnung** von Prof. Dr. W. Franz Meyer in Königsberg. M. 10.—.

12 **Elemente der darstellenden Geometrie** von Dr. John Schröder in Hamburg. M. 5.—.

13 **Differentialgleichungen** von Prof. Dr. L. Schlesinger in Klausenburg. 2. Auflage. M. 8.—.

14 **Praxis der Gleichungen** von Professor C. Runge in Hannover. M. 5.20.

19 **Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichungs-Rechnung** von Dr. Norbert Herz in Wien. M. 8.—.

20 **Versicherungsmathematik** von Dr. W. Grossmann in Wien. M. 5.—.

25 **Analytische Geometrie des Raumes II. Teil: Die Flächen zweiten Grades** von Professor Dr. Max Simon in Straßburg. M. 4.40.

27 **Geometrische Transformationen I. Teil: Die projektiven Transformationen nebst ihren Anwendungen** von Professor Dr. Karl Doehlemann in München. M. 10.—.

29 **Allgemeine Theorie der Raumkurven und Flächen I. Teil** von Professor Dr. Victor Kommerell in Reutlingen und Professor Dr. Karl Kommerell in Heilbronn. M. 4.80.

31 **Theorie der algebraischen Funktionen und ihrer Integrale** von Oberlehrer E. Landfriedt in Straßburg. M. 8.50.

Digitized by Google

Sammlung Schubert.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

32 **Theorie und Praxis der Reihen** von Prof. Dr. C. Runge in Hannover. M. 7.—.

34 **Liniengeometrie mit Anwendungen** I. Teil von Professor Dr. Konrad Zindler in Innsbruck. M. 12.—.

35 **Mehrdimensionale Geometrie I. Teil: Die linearen Räume** von Prof. Dr. P. H. Schoute in Groningen. M. 10.—.

38 **Angewandte Potentialtheorie in elementarer Behandlung I. Teil** von Professor E. Grimsehl in Hamburg. M. 6.—.

39 **Thermodynamik I. Teil** von Prof. Dr. W. Voigt, Göttingen. M. 10.—.

40 **Mathematische Optik** von Prof. Dr. J. Classen in Hamburg. M. 6.—.

41 **Theorie der Elektrizität und des Magnetismus I. Teil: Elektrostatik und Elektrokinetik** von Prof. Dr. J. Classen in Hamburg. M. 5.—.

42 **Theorie der Elektrizität u. d. Magnetismus II. Teil: Magnetismus und Elektromagnetismus** von Prof. Dr. J. Classen in Hamburg. M. 7.—.

44 **Allgemeine Theorie der Raumkurven und Flächen II. Teil** von Professor Dr. Victor Kommerell in Reutlingen u. Professor Dr. Karl Kommerell in Heilbronn. M. 5.80.

45 **Niedere Analysis II. Teil: Funktionen, Potenzreihen, Gleichungen** von Professor Dr. Hermann Schubert in Hamburg. M. 3.80.

46 **Thetafunktionen u. hyperelliptische Funktionen** von Oberlehrer E. Landfriedt in Straßburg. M. 4.50.

48 **Thermodynamik II. Teil** von Prof. Dr. W. Voigt, Göttingen. M. 10.—.

49 **Nicht-Euklidische Geometrie** v. Dr. H. Liebmann, Leipzig. M. 6.50.

In Vorbereitung bezw. projektiert sind:

Elemente der Astronomie von Dr. Ernst Hartwig in Bamberg.

Mathematische Geographie von Dr. Ernst Hartwig in Bamberg.

Darstellende Geometrie II. Teil: Anwendungen der darstellenden Geometrie von Professor Erich Geyger in Kassel.

Geschichte der Mathematik von Prof. Dr. A. von Braunmühl und Prof. Dr. S. Günther in München.

Dynamik von Professor Dr. Karl Heun in Karlsruhe.

Technische Mechanik von Prof. Dr. Karl Heun in Karlsruhe.

Geodäsie von Professor Dr. A. Galle in Potsdam.

Allgemeine Funktionentheorie von Dr. Paul Epstein in Straßburg.

Räumliche projektive Geometrie.

Geometrische Transformationen II. Teil von Professor Dr. Karl Doehlemann in München.

Theorie d. höh. algebraischen Kurven v. Dr. Heinr. Wieleitner in Speyer.

Elliptische Funktionen.

Allgem. Formen- u. Invariantentheorie v. Prof. Dr. Jos. Wellstein in Gießen.

Mehrdimensionale Geometrie II. Teil von Professor Dr. P. H. Schoute in Groningen.

Liniengeometrie II. Teil von Professor Dr. Konrad Zindler in Innsbruck.

Kinematik von Professor Dr. Karl Heun in Karlsruhe.

Elektromagnet. Lichttheorie von Prof. Dr. J. Classen in Hamburg.

Gruppen- u. Substitutionentheorie von Prof. Dr. E. Netto in Gießen.

Theorie der Flächen dritter Ordnung.

Mathematische Potentialtheorie.

Elastizitäts- und Festigkeitslehre im Bauwesen von Dr. ing. H. Reißner in Berlin.

Elastizitäts- und Festigkeitslehre im Maschinenbau von Dr. Rudolf Wagner in Stettin.

Graphisches Rechnen von Prof. Aug. Adler in Prag.

Höhere Differentialgleichungen von Prof. J. Horn in Clausthal.

Digitized by Google

581 Q503 c.1
Pflanze ihr Bau und ihr Leben
086 787 826
UNIVERSITY OF CHICAGO